INVESTIGATION OF RADIATION EMISSIONS FROM VIDEO DISPLAY TERMINALS

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by Authority of the
Minister of National Health and Welfare

83-EHD-91

COPIES OF THIS REPORT CAN BE OBTAINED FROM

Public Affairs Directorate,
Department of National Health and Welfare,
5th Floor,
Brooke Claxton Building,
Ottawa K1A 0K9

Également disponible en français sous le titre
"Investigation sur les rayonnements issus des terminaux à écran cathodique"

PREFACE

This review is intended to provide the informed reader with a summary of the radiation surveys previously performed and to assess the biological impact of any possible radiation emitted by VDTs.

Compilation of this review was largely undertaken by Dr. W.M. Zuk, Dr. M.A. Stuchly, Mr. P. Dvorak and Dr. Y. Deslauriers of the Radiation Protection Bureau.

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
1. **What is a Video Display Terminal?**	1
2. **How does a Video Display Terminal Work?**	1
3. **What are the Potential Sources of Radiation from VDTs?**	1
3.1 The Cathode Ray Tube (CRT)	2
3.2 The Horizontal Deflection System	2
4. **Review of Studies on Radiation Emissions from VDTs**	3
4.1 Outside Canada	3
4.2 In Canada	13
5. **Responsibilities of the Department of National Health and Welfare**	15
5.1 Occupational Health and Safety	15
5.2 Radiation Emitting Devices Regulations for Video Display Terminals	15
6. **R.P.B. Study of VDTs**	18
6.1 Introduction	18
6.2 X-ray Emission Measurements	18
6.3 Non-ionizing Radiation Measurements	18
SUMMARY	21
APPENDIX I - X-RAY MEASUREMENT TECHNIQUE	23
APPENDIX II - RADIOFREQUENCY AND EXTREMELY LOW-FREQUENCY EMISSIONS FROM VDTs	26
APPENDIX III - X-RADIATION EMISSION TEST DATA FOR VDTs AND VIDEO MONITORS	34
APPENDIX IV - VIDEO DISPLAY TERMINALS TESTED IN WHOLE BODY COUNTER	38
REFERENCES	40
ADDITIONAL BIBLIOGRAPHY	41

LIST OF TABLES

		Page
1	- Results of 1977 N10SH Survey of VDTs.	4
2	- Summary of Wolbarsht et al., Data for Integrated RMS Electric and Magnetic Field Intensities at 25 cm from the CRT Face.	6
3	- Summary of NRPB Measurements on VDTs	8
4	- Summary of Microwave and RF Emission Measurements carried out by Electrical Research Association Technology Limited	9
5	- Summary of 1980 N10SH Radiation Measurements	11
6	- Comparison of N10SH 1980 Results with Accepted U.S. Standards	12
7a)	- BRH Results on X-Ray Emission and Comparison with U.S. Standards	14
b)	- List of Units Emitting Detectable X-Ray Levels at 5 cm from the Screen. . . .	14
8	- BRH Results on Non-Ionizing Radiation Emission and Comparison with U.S. Standards or Recommended Maximum Levels	15
9	- Summary of Data on X-Ray Emission from VDTs Canadian Institutions Excluding the R.P.B.	16
10	- Summary of X-Ray Emission Measurements	18
11	- RF Emissions from VDTs.	19
12	- ELF Emissions (The Magnetic Field Intensity) from VDTs and other Devices. . .	20
A1	- RF Emissions From VDTs	29
A2	- The Magnetic Field Intensity at ELF in A/m; Video Display Terminals	32
A3	- The Magnetic Field Intensity of ELF in A/m; Various Devices	33

FIGURE

1	- Electromagnetic Spectrum	27

Note on X-Radiation Units

To minimize the probability of numerical errors, all X-radiation data are reported in units in which they were measured and/or published. The relations between the units used in this report and the corresponding SI units are given below.

Exposure: 1 roentgen (R) = 2.58×10^{-4} coulomb per kilogram (C/kg)

Absorbed Dose: 1 rad (r) = 0.01 gray (Gy)

Dose Equivalent: 1 rem = 0.01 sievert (Sv)

INTRODUCTION

The technological advances in information handling brought about by microprocessors have resulted in the widespread use of word processors and video information systems in offices, in the communications field, in education and, with the advent of "personal computers," in our homes. An integral feature of almost all of these devices is the video display terminal (VDT).

The proliferation of VDTs has given rise to questions about possible adverse health effects associated with their use. In particular, considerable concern has been voiced by the media and labour organizations about the possibility of VDTs posing a radiation hazard to the operators of these devices.

This report is intended to address these concerns by presenting and discussing the results of radiation emission measurements carried out on VDTs by the Radiation Protection Bureau. While the report is not intended to be an exhaustive review of all of the world literature on the subject, the more important studies performed on VDTs are summarized and reviewed. Attention is drawn to recent information which has not yet become generally available.

1. What is a Video Display Terminal?

A video display terminal is essentially a television monitor that displays information received from a computer system or word processor rather than from a television broadcast signal. It is an integral part of the electronic data handling system making up a word processor. Together with a keyboard, the VDT constitutes the interactive element between the operator and the microprocessor. In some home computers, the TV set is used as the display terminal.

2. How does a Video Display Terminal Work?

The basic principle of operation of a VDT is similar to that of a television set. The VDT contains a large evacuated glass tube, called a cathode ray tube (CRT), which includes a source of electrons at one end (the cathode) and a fluorescent coating on the inside of the viewing face. Electrons released from the cathode are accelerated by a high voltage (typically in the range of 10 000 to 25 000 volts) and are projected onto the fluorescent material. This material emits visible light when it is struck by the fast-moving electrons. The cathode ray tube also includes various electrodes for focussing the electron beam and for scanning the beam across the fluorescent screen. Electronic circuitry in the VDT modulates the electron beam to produce the intended images on the screen.

3. What are the Potential Sources of Radiation from VDTs?

The potential sources of radiation from VDTs are the cathode ray tube (for X-rays, visible light, IR and UV radiations), the horizontal deflection system circuitry (for RF), and transformers and coils (for ELF).

3.1 The Cathode Ray Tube (CRT)

X-rays are produced whenever fast moving electrons are slowed down or stopped rapidly in a material. Such conditions arise inside the CRT of a VDT.

As pointed out in Section 2, the inside surface of the viewing face of the CRT is coated with a fluorescent material. When the electrons emitted from the cathode strike this material visible light is emitted. Ideally, the fluorescent screen should convert all of the energy of the incident electrons into visible light. In practice, however, some of the electrons lose energy by causing X-rays to be emitted instead.

Because of the relatively low operating voltages of VDTs the X-rays produced inside the CRT are of low energy and are not very penetrating. These X-rays are absorbed by the glass of the CRT and do not penetrate to the outside. In fact, the thickness of glass used in the CRT has much higher X-ray shielding properties than required for the voltages at which VDTs operate and is capable of absorbing X-rays of energies considerably higher than those produced in the CRT. The results of X-ray measurements confirm this statement.

Other types of electromagnetic radiations may also be generated inside the CRT. Depending on the type of fluorescent material used, ultraviolet and infrared radiations may be produced at the fluorescent screen by the bombarding electrons. As in the case of the X-rays, these radiations are essentially completely absorbed by the glass of the CRT. As will be seen later in this report, where UV radiation has been detected at the viewing screen of VDTs, the measured levels have been thousands of times lower than the level permitted for continuous occupational exposure.

In the case of visible light emitted by the CRT, measurements show that the levels are very low - some 200 times lower than the light level outdoors on a cloudy day and more than 1000 times lower than the level permitted for continuous viewing of laser radiation.

3.2 The Horizontal Deflection System

The source of RF in a VDT is the horizontal deflection system, which causes the electron beam in the CRT to move across the fluorescent screen, and its associated high-voltage circuit, the so-called "fly-back" transformer. The high-voltage circuit generates the high voltage necessary to accelerate the electrons emitted at the cathode to the high speeds necessary for visible light to be produced when they strike the fluorescent screen. These voltages are typically in the range of 10 000 to 25 000 volts, depending on the model of VDT.

To produce the electron beam deflection and scanning action required in the VDT, the horizontal output is pulsed on and off very rapidly - some 15 000 to 25 000 times per second (15 to 25 kHz), depending on the model of VDT. This rapid oscillation of the voltage gives rise

to RF fields in the vicinity of the fly-back transformer and its associated circuitry. The RF is produced at the fundamental frequency of the deflection system and at harmonic frequencies of up to about 150 kHz.

In instances where RF radiation from VDTs has been found, it has been near the surface of the VDT and the levels were found to decrease very rapidly with distance from the surface. At 20 to 30 centimetres away the RF was either nondetectable or, at worst, measured levels were significantly below the levels that can cause biological effect and below the most stringent exposure standard anywhere in the world.

The designs of the oscillator circuits used in VDTs and the nature of their operation preclude the emission of microwaves (electromagnetic radiation of frequencies between 300 megahertz and 300 gigahertz) and none have been detected from VDTs.

4. Review of Studies on Radiation Emissions from VDTs

A number of studies on VDTs have been carried out worldwide in response to concerns about possible hazardous radiation emissions. These studies included measurements for both ionizing radiation (X-rays) and non-ionizing radiation and covered virtually every make and model of VDT. The published results of the most significant studies are reviewed in this section.

4.1 Outside Canada

In 1977 the United States National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) published the results of a 1975 study of three types of VDTs used in a major newspaper facility. A total of twenty-three units were measured for emission of X-rays and for UV, IR, visible and RF radiations. The results of this survey are summarized in Table 1.

The highest level of ultraviolet radiation detected by NIOSH was 500 000 times lower than the occupational exposure limit. The measured luminance of light in the visible region of the electromagnetic spectrum was 140 times below the safe exposure limit. No infrared or radiofrequency radiation could be detected. The X-ray emission measurements showed no levels above instrumental background, which fluctuated between 0.16 and 0.7 mR/h. (The gross X-ray level readings ranged from 0.12 to 0.85 mR/h). The one unit which showed a momentary reading of 0.85 mR/h was found, on rechecking to read 0.20 mR/h. The momentary high reading was attributed to background fluctuation and the overall conclusion was that there was no measurable x-radiation.

In the 1977 NIOSH report[1], reference is made to a 1977 survey of 67 VDTs, in the same newspaper facility, by a major insurance company. The maximum instrument reading was 0.2 mR/h and, since the background ranged from 0.1 to 0.3 mR/h, the conclusion was that no measurable x-radiation was being emitted by the VDTs surveyed.

Table 1 - Results of 1977 NIOSH Survey of VDTs

Type of Radiation	Maximum Measured Level	U.S. Occupational Exposure Standard
Ultraviolet	2×10^{-9} W/m^2	1×10^{-3} W/m^2
Visible	21 fL	2.92×10^{3} fL
Infrared	Not detectable	10^{-2} W/m^2
RF (E-field)	Not detectable	2×10^{2} V/m
RF (H-field)	Not detectable	5×10^{-1} A/m
X-ray	0.85 mR/h*	2.5 mR/h**

Note:

W/m^2	refers to watts per metre squared
fL	refers to luminance in foot-lamberts
V/m	refers to volts per metre
A/m	refers to amperes per metre
mR/h	refers to milliroentgens per hour
E-field	refers to the electric field
H-field	refers to the magnetic field

* Includes background level and was subsequently determined to be incorrect.

** Based on an annual exposure limit of 5000 mR divided by 2000 working hours per year.

The overall conclusion reached by NIOSH was that the VDTs surveyed did not appear capable of producing radiation at levels which would be an occupational hazard.

In 1979 Weiss and Petersen[2] of the Bell Telephone Laboratories published the results of their study of electromagnetic radiation emitted from 11 units of 8 models of VDTs used by the Bell System. Their study included measurements for RF and microwaves (over the frequency range 10 kHz to 18 GHz), X-rays and UV, IR and visible light (over a band of wavelengths from 350 to 600 nanometers).

As in the case of the 1977 NIOSH study, no ionizing radiation could be detected above the ambient background level. RF radiation was detected between 1.5 kHz and 1.4 GHz; however, the maximum level found was more than 100 times lower than the most restrictive safety standard in the world (that of Czechoslovakia). Radiation in the ultraviolet region of the spectrum was also detected; however, the measured values were at least 10 000 times below occupational exposure limits. On the basis of these results Weiss and Petersen concluded that "there is no experimental or epidemiological evidence presently available to indicate that these levels of radiation could have any detrimental effects on the health of personnel using video computer terminals such as those examined in this study."

Wolbarsht et al.[3] carried out precise measurements on one model of VDT, an IBM Model 3277, for RF in the frequency range 10 kHz to 10 GHz, for UV, IR, and visible light over the wavelength range 0.2 to 10 micrometres, and for X-rays in the energy range 5 to 40 keV. The significant difference between this study and previous ones was that the measurements were made in the laboratory, with detection sensitivities greater than those possible under field conditions. Furthermore, measurements were also made with an overvoltage fault induced in the VDT to maximize the potential for radiation emissions.

Using a NaI(Tl) scintillation detector, Wolbarsht et al. set an upper limit on possible X-ray emissions of 3×10^{-6} R/h. There was no significant difference in results between measurements made under normal and fault conditions of operation.

In the RF and microwave regions, both electric and magnetic field measurements were made on the VDT, and were compared to similar measurements on a colour and a black and white television receiver. The results of these measurements are summarized in Tables 2(a) and 2(b). The USA (ANSI) and the USSR standards are given in these tables for comparison purposes. A comparison of these results with the appropriate standards showed large safety margins for this model of VDT.

The emission levels measurements by Wolbarsht et al. in the UV, visible and IR gave similar results of those of NIOSH; measured levels were several orders of magnitude below established occupational safety limits. For example, in the 200-320 nm (ultraviolet) region, the measured irradiance of 1.25×10^{-10} W/cm^2 was 800 times below safety limit; in the 320-400 nm (near-ultraviolet) region the measured irradiance was 10^7 times below safety limits; the measured visible luminance was 273 times below the occupational exposure limit; in the 400-700 nm (visible light) region, the measured irradiance was over 7000 times below the safety limit; and in the 0.7-4.1 µm (IR) region, the measured irradiance of 2.0×10^{-5} W/cm^2 was 500 times below the safety standard.

On the basis of these results, Wolbarsht et al. concluded that there was no radiation hazard associated with this model of VDT and that other environmental factors were more important in evaluating the effects of VDTs for long-term use.

Vetter[4] reported on X-ray emission measurements carried out on two models of VDTs at the International Atomic Energy Agency in Vienna. The measurements were made with a ZnS scintillation crystal, a Ge(Li) X-ray detector and with CaF_2 thermoluminescence dosimeters. In both cases no X-rays were detectable above normal background levels, which were found to be 8 µR/h at the IAEA establishment.

Table 2 - Summary of Wolbarsht et al., Data for Integrated RMS Electric and Magnetic Field Intensities at 25 cm from the CRT Face

(a) Electric Field

Frequency Range	VDT (IBM 3277)	Colour TV (Sony)	Black & White TV (Motorola)
	(V/m)	(V/m)	(V/m)
1 kHz - 10 MHz	2.25×10^{-1}	7.5	11.1
10 MHz - 10 GHz	5.23×10^{-3}	2.41×10^{-3}	5.6×10^{-4}
	Plane Wave Equivalent Power Densities		
	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	1.34×10^{-5}	1.49×10^{-2}	3.27×10^{-2}
10 MHz - 10 GHz	7.26×10^{-9}	1.54×10^{-9}	8.35×10^{-11}

ANSI and USSR Standards for RF and Microwaves (Electric Field)

	ANSI Standards	
	(V/m)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	none	none
10 MHz - 10 GHz	193	10

	USSR Standards	
	(V/m)	(mW/cm^2)
60 kHz - 3 MHz	50	6.63×10^{-1}
3 MHz - 30 MHz	20	1.1×10^{-1}
30 MHz - 50 MHz	10	3.0×10^{-2}
50 MHz - 300 MHz	5	1.0×10^{-2}
300 MHz - 300 GHz		1.0×10^{-2}

(b) Magnetic Field

Frequency Range	VDT (IBM 3277)	Colour TV (Sony)	Black & White TV (Motorola)
	(A/m)	(A/m)	(A/m)
1 kHz - 10 MHz	8.96×10^{-4}	3.59×10^{-2}	2.73×10^{-2}
10 MHz - 100 MHz	1.89×10^{-6}	2.61×10^{-7}	(below noise)
	Plane Wave Equivalent Power Densities		
	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	3.03×10^{-5}	4.86×10^{-2}	2.81×10^{-2}
10 MHz - 100 MHz	1.35×10^{-10}	2.57×10^{-12}	(below noise)

ANSI and USSR Standards for RF and Microwaves (Magnetic Field)

Frequency Range	ANSI		USSR	
	(A/m)	(mW/cm^2)	(A/m)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	none	none	5.0	9.43×10^2
10 MHz - 100 MHz	0.5	10	0.3	3.39

In Britain, the National Radiological Protection Board and Electrical Research Association Technology Limited carried out a study of VDTs for the U.K. Health and Safety Executive. More than two hundred different types of VDTs were surveyed under normal operating conditions and the measurements covered various regions of the electromagnetic spectrum. The results of these measurements, reported by Cox[5], are summarized in Tables 3 and 4.

Table 3 - Summary of NRPB Measurements on VDTs

Electromagnetic Radiation Type	Quantity Measured	Maximum Emission Measured
X-rays	dose equivalent rate	< 10 µrem/h*
UV	irradiance	
240 - 336 nm		0
336 - 440 nm		0.124 W/m^2
Visible	irradiance	
400 - 700 nm		2.5 W/m^2
IR	irradiance	
700 - 1050 nm		0.05 W/m^2
10 µm - 3 mm		4 W/m^2
Microwave & RF		
18 GHZ - 300 MHz	power density	5 W/m^2
3 GHz - 10 MHz	power density	1000 W/m^{2}**
220 MHz - 10 kHz	electric field intensity	> 300 V/m***

* This means that X-ray exposure rate, if any, is below the detection threshold of the meter used, Victoreen 440 RF/C; 10 µrem/h is approximately the level of dose equivalent rate due to natural radiation background.

** Subsequent measurements did not confirm this result, the instrument used was found a subject of interference by fields at lower frequencies, i.e., those produced by the fly-back transformer.

*** At the surface of the unit.

Table 4 - Summary of Microwave and RF Emission Measurements carried out by Electrical Research Association Technology Limited

Microwave and RF Frequency Range	Maximum Measured Electric Field Intensity (V/m) at the Surface
300 GHz - 30 GHz	not measured
30 GHz - 1 GHz	not measured
1 GHz - 300 MHz	0.01
300 MHz - 30 MHz	0.18
30 MHz - 10 MHz	0.12
10 MHz - 3 MHz	0.5
3 MHz - 300 kHz	16
300 kHz - 150 kHz	600
150 kHz - 10 kHz	1800

No X-ray emissions exceeding the level of natural background of ionizing radiation (approximately 10 µrem/h) were found. This is about fifty times less than the level that would correspond to the maximum permitted emission level of 0.5 mR/h at 5 cm for household products in Britain. No UV radiation was detected at wavelengths below 336 nm. In the 336-440 nm range the maximum detected UV emission was 124 nW/m^2, which is about 100 times below the permitted continuous occupational exposure level in this region. In the visible light region (400-700 nm) the maximum emission measured was 2.5 W/m^2, which is 25 times below the permitted limit. In the near infrared region (700-1050 nm) the maximum emission measured (50 mW/m^2) was 100 times below acceptable levels and no far infrared radiation (10 µm-3 mm) was detectable.

Similar results were obtained for RF and microwave radiation. No microwaves were detected and in the worst case the maximum RF level detected was 10 times lower than the appropriate exposure limit.

Cox stressed that the measured values were far in excess of those to which the operator would be exposed since the measurements were made at the surface of the VDTs and with brightness and contrast controls adjusted to maximum settings. Furthermore, the measured RF fields were highly localized and dropped by a factor of at least 1000 at the position where the operator would normally be. The conclusion drawn by Cox from these results was that the very low levels detected did not pose a radiation hazard to operators in either the long or the short term.

In 1980, Terrana et al.,[6] of the Institute of Occupational Health of the University of Milan, measured 85 VDTs for X-ray emissions. Again, no X-ray emissions above background levels were detected.

In 1981, NIOSH published[7] the results of an in-depth study of VDTs, which encompassed radiation, industrial hygiene, health complaints and ergonomics. The study involved two newspaper offices and an insurance company and was carried out in response to a request from three unions. The radiation measurements were for both ionizing (X-rays) and non-ionizing (UV, visible and RF) radiation and involved a sample size of at least 25% of the VDTs at each of the facilities. (A total of 136 VDTs were tested.) The results of the NIOSH measurements and comparisons of these results are given in Tables 5 and 6, respectively.

In summarizing these results, the authors of the NIOSH report stated: "The radiation surveys demonstrated that exposure to X-ray, radiofrequency, ultraviolet, and visible radiation was well below current occupational exposure standards, and, in many cases, below the detection capability of the survey instruments". Furthermore, in view of the nonexistent or very low radiation levels, NIOSH concluded that routine radiation surveys of VDTs are not warranted.

In 1981, the U.S. Bureau of Radiological Health published an extensive report[8] on their study aimed at determining the levels of radiation emitted by VDTs. This report presents in detail the results of measurement of X-ray emission from 125 VDTs, and of non-ionizing radiation (including ultrasound in addition to electromagnetic radiations) on 34 of these units. The measurements were performed under controlled laboratory conditions, and the study analyzed very thoroughly potential sources of radiations, both in normal operation and in fault conditions.

The testing of VDTs for x-radiation emission was performed under the same test conditions (Phase III) as specified by the U.S. federal performance standard for television receivers. Specifically, the product was tested with line voltages adjusted up to 130 V(AC), and the user and service controls adjusted as necessary in combination with the worst-case component or circuit fault in order to maximize the X-ray emission. Phase III compliance testing is done under conditions of degradation which still allow the display of viewable intelligence on the CRT screen. In the case of VDTs cited in this report, the screen was entirely filled with characters. The tested units were supplied from the manufacturer's stock.

The procedure for detecting ionizing radiation consisted of scanning all surfaces of the VDT with a Geiger-Müller (GM) survey meter to determine x-radiation emission. The actual measurement of any detected x-radiation was made using an ionization chamber instrument at a distance of 5 cm from the surface of the set. The instrument used for that measurement, Victoreen 440 RF/C, averages x-radiation over an area of 10 square centimetres.

Table 5 - Summary of 1980 NIOSH Radiation Measurements

Manufacturer	Model Number	Number of Units Measured	X-ray Radiation (mR/h)	Ultraviolet Radiation ($\mu W/cm^2$)	Visible Radiation (fL)*	Radio-frequency Radiation	
						Electric field (V^2/m^2)	Magnetic field (A^2/m^2)
Harris	2200	3	ND**	ND	3	ND	ND
IBM	3278	3	ND	.06-.13	2-4	ND	ND
Ontel	OP-1	4	ND	ND-.6	9-25	ND	ND
	OP-1/16	6	ND	ND-.3	5-40	ND	ND
	OP-1/S11	2	ND	.3-.4	20	ND	ND
Delta Data	5000	5	ND	ND	2-5	ND	ND
IBM	3278	3	ND	ND	2	ND	ND
Systems Integrated	ET960	20	ND	ND	4-18	ND	ND
Ontel	OP-1/16	5	ND	ND-0.1	2-30	ND	ND
	OP-1/64	1	ND	0.65	30	ND	ND
	OP-1/S11	8	ND	ND-0.1	3-20	ND	ND
Courier	TC30C1	37	ND	ND	1-5	ND	ND
Courier	110071-001	8	ND	ND	2-4	ND	ND
Courier	110117-001	4	ND	ND	1-2	ND	ND
Courier	110127-001	1	ND	ND	1	ND	ND
Courier	11270	17	ND	ND-0.10	1-6	ND	ND
All Models		136	ND	ND-0.65	2-40	ND	ND

* 1 fL = 0.29 candle/m^2

** ND = not detectable

Table 6 - Comparison of NIOSH 1980 Results with Accepted U.S. Standards

Radiation Region	Maximum Level	Occupational Standard
x-ray	ND*	2.5 mR/h
UV (near)	0.65 $\mu W/cm^2$	1 000 mW/cm^2
Visible	40 fL	2 920 fL
RF:		
- Electric Field	ND	40 000 V^2/m^{2**}
- Magnetic Field	ND	0.25 A^2/m^{2**}

* ND = not detectable

** Far field equivalent of 10 mW/cm^2

In each case, the high-voltage portion of VDT was also investigated and analyzed. The high voltage of CRT is of primary concern because it determines the energy of the x-radiation and, consequently, whether the radiation can escape from the glass envelope of the CRT. Some of the tested models contain high voltage hold-down or limiting circuits to prevent abnormal rise of high voltage applied to the CRT. In most cases the high voltage could be maximized by disrupting the regulation (constant output voltage) either in the low-voltage power supply or in the high-voltage power supply itself. In some cases maximum high voltage was obtained by disrupting the hold-down circuit. In every case a single failure was introduced to ensure that maximum high voltage was obtained for the failure condition. The CRT beam current was optimized, as necessary, to yield maximum x-radiation, by adjustment of the brightness, contrast, or beam limiter controls.

Thirty-four VDTs were tested as described above. None of these units emitted x-radiation above 0.5 mR/h at 5 cm; no detectable level of radiation was found for 33 units, while one unit emitted 0.42 mR/h at 5 cm from the screen surface.

In addition, x-radiation emission data for 91 previously tested VDTs have been included and re-analyzed, in order that the ionizing radiation characteristics can be explored in depth for both monochrome and color VDTs. Of these 91 VDTs previously tested under Phase III conditions, between 1975 and 1978, 8 units representing 3 basic models emitted x-radiation above the limit. Some were recalled by the manufacturer for modification in order to comply with the standard; other manufacturers were not permitted to introduce those particular products into the U.S. market. One model emitted x-radiation for only a few minutes before the VDT failed completely; its components were overstressed and the VDT became inoperative. The manufacturer of that model was also notified of the Bureau's evaluation and that model

is no longer manufactured. There seems to be little correlation between the operating high voltage and the presence or absence of X-ray emission, but most of the units emitting X-rays show a larger than average increase of high voltage in the fault condition. Exactly one half of the units emitting X-rays were monochrome and half were color VDTs. None of the models emitting detectable levels of radiation has been found in Canada.

The authors summarize their results as follows:

"In general, emission levels from the terminals tested, both under normal operating and worst-case conditions, fall within the standards and guidelines currently in effect for each type of radiation. A few of the tested units emitted x-radiation in excess of that allowed under the television receiver standard, and these models have been corrected or withdrawn from the market. Thus video display terminals should not pose a radiation risk to those who operate them."

A summary of the results is given in Tables 7 and 8.

4.2 In Canada

Besides the surveys and tests performed by the Radiation Protection Branch in the field and in its low-background facility, data and studies by several other Canadian institutions, both governmental and nongovernmental, were available at the time of writing this report. Practically all dealt with a possibility of X-ray emission by VDTs, some of them treated the other forms of radiation that could conceivably be emitted by VDTs, and in several studies possible health hazards connected with VDT operations were discussed.

The results for X-ray emission are given in Table 9.

The only survey that presents consistently non-zero X-ray leakage levels is the one undertaken by Bell Canada. The results of this survey were not confirmed by any other groups. Several units that supposedly emitted the highest levels of x-radiation were retested by Radiation Protection Branch, both in the field and in the low-background facility. None of them showed any detectable X-ray emission.

No correlation has been observed between VDT control settings (brightness, contrast, filling of screen) and X-ray meter readings in any of the surveys.

Investigations of emissions of non-ionizing radiation at radio and microwave frequencies were reported by two provinces. The Alberta Workers Health, Safety and Compensation checked 130 VDTs (51 different models from 28 suppliers). The measurements were performed in frequency range 0.9 - 10 GHz, with the minimum detectable level of 0.01 mW/cm^2. None of the 130 VDTs tested emitted levels above the detection threshold. The Saskatchewan Department of Labour investigated 10 VDTs (four models) in the frequency range 10 kHz - 220 MHz. The highest electric field intensity of 250 V/m was found 10 cm from the surface at the side of one unit.

Table 7(a) - BRH Results on X-Ray Emission and Comparison with U.S. Standards

No. of Models		Maximum Emission (mR/h @ 5 cm)	U.S. Exposure or Emission Standard Level (mR/h)
Tested	Non-Compliant		
125	8	2.0	2.5 (Occupational Exposure) 0.5 (Emission at 5 cm)

None of these non-compliant models is available on the market; two more models had a detectable emission level below 0.5 mR/h limit.

Table 7(b) - List of Units Emitting Detectable X-Ray Levels at 5 cm from the Screen

Manufacturer	Model	Test Date	Fault kV	Fault mA	mR/h
Ball Brothers	TU-8C,B&W	21 JUN 78	22.0	200	0.72
Ball Brothers	THC17C,B&W	09 OCT 75	23.4	200	0.4 *
Ball Brothers	TU-8C,B&W	30 JUN 78	22.1	210	0.96
Ball Brothers	TU-8C,B&W	07 JUL 78	23.7	160	0.66
Conrac	5512/C12,COL.	13 AUG 75	29.5	720	1.6
Conrac	5522/C12,COL.	12 AUG 75	32.9	200	0.65
Conrac	5522/C12,COL.	12 AUG 75	30.5	400	1.15
Elston	DM20-12A0,B&W	26 SEP 79	25.5	300	0.42*
Ikegami	TM10,COL.	15 JUN 76	30.0	660	2.0
Ikegami	TM10,COL.	12 JUL 76	30.3	590	1.2

* Not above the U.S. federal limit

B&W stands for monochrome, COL. stands for colour VDTs.

Table 8 - BRH Results on Non-Ionizing Radiation Emission and Comparison with U.S. Standards or Recommended Maximum Levels

Radiation Type	Maximum Level Measured	Maximum Standard or Recommended Level
RF Electric Field Strength (15-125 kHz)	64 V/m	no standard
RF Magnetic Field Strength (15-125 kHz)	0.69 A/m	no standard
Ultrasound	68 dB at 40 kHz	75 dB
Near Ultraviolet	5×10^{-6} W/cm^{2}sr	1×10^{-3} W/cm^{2}sr
Radiance (visible and infrared)	$<1 \times 10^{-3}$ W/cm^{2}sr	2×10^{-2} W/cm^{2}sr

The highest level 10 cm from the screen was 7 V/m, and for most terminals the field intensity was 2 V/m at any location 10 cm from the external surface.

5. Responsibilities of the Department of National Health and Welfare

5.1 Occupational Health and Safety

The Radiation Protection Bureau is responsible for promoting and facilitating the safe use of radiation emitting devices by workers under federal jurisdictions. This includes all employees of Public Service departments and agencies and of organizations that are subject to the Canada Labour Code. Any device that emits or is potentially capable of emitting radiation must conform to installation and use standards that are acceptable to or prescribed by the Radiation Protection Bureau. To ensure conformity to these standards the Bureau systematically conducts radiation protection surveys of such equipment in facilities under federal jurisdiction.

Statutory authority for these activities is provided for by the Canada Dangerous Substances Regulations, issued under Part IV of the Canada Labour Code, and the Safety Standard Respecting Dangerous Substances in the Public Service of Canada, issued by Treasury Board.

5.2 Radiation Emitting Devices Regulations for Video Display Terminals

The Radiation Emitting Devices Act, passed by the Canadian federal government in 1970, provides statutory authority for regulating the safety of radiation emitting devices sold in Canada. The Radiation Emitting Devices Act applies to all devices capable of emitting electromagnetic radiation of frequencies greater than 10 MHz or ultrasonic waves having frequencies greater than 10 kHz.

Tableau 9 - Résumé des données sur les rayons X émis par les TÉC - Établissements canadiens, à l'exclusion du Bureau de la radioprotection

Établissement	Matériel testé	Nombre d'unités	Réglage du TÉC	Distance minimale	Intensité de rayons X détectés
Bell Canada	Victoreen 440 RF/C Victoreen 440	925	image plein écran luminosité maximale	non précisée*	0,00 à 0,23 mR/h**
Université Western Ontario	Victoreen 444	35	fonctionnement normal image plein écran contraste et luminosité maxima	moins de 5 cm	indiscernable des émissions naturelles de fond
Hydro Ontario	TLD (Dosimètre à thermoluminescence)	18	non précisé	détecteur en contact avec l'écran	maximum 0,01 mR/h en deçà des émission naturelles de fond
	non précisé	1	test provoquant une panne	non précisée*	moins de 0,316 mR/h
Fondation de recherche et de traitement du cancer du Manitoba	Victoreen Thyac III Appareil de contrôle G.M.	50	non précisé	1 cm	indiscernable des émissions naturelles de fond
Ministère de la santé, sécurité et compensation des travailleurs de l'Alberta	Berthold LB 1200 Instrument G.M.	130	non précisé	fenêtre du détecteur en contact avec l'écran	indiscernable des émissions naturelles de fond
Travail Saskatchewan	Victoreen 444	>250	image plein écran luminosité maximale	non précisé*	indiscernable des émissions naturelles de fond
Ministère des Affaires sociales du Québec	TLD (Dosimètre à thermoluminescence)	2	luminosité maximale	détecteur en contact avec l'écran	indiscernable des émissions naturelles de fond
Ministère du travail de l'Ontario	Victoreen 440 RF/C Victoreen Thyac III	>350	image plein écran luminosité maximale	habituellement 5 cm	< 0,05 mR/h
Ministère de la Santé de la Colombie-Britannique	Victoreen 440 RF pellicule dentaire	>200	image plein écran luminosité maximale	détecteur en contact avec l'écran	< 0,1 mR/h
Ministère de la Santé de la Nouvelle-Écosse	Berthold LB 1200/ LB 6513 ***	58	fonctionnement normal	5 cm	< 0,025 mR/h
Ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick	Eberline E-140/HP260	32	image plein écran luminosité maximale	détecteur en contact avec l'écran	indiscernable des émissions naturelles de fond

* Les prises de lecture réglementaires du débit d'exposition aux fuites sont normalement effectuées à 5 cm de l'écran.

** Le tableau des résultats indique un fond d'environ 0,1 mR/h coïncidant avec le changement d'appareil du modèle 440 au modèle 440RF/C; les émissions naturelles de fond varient par un facteur de 2 à 4 selon l'heure et l'endroit.

*** Sans blindage haute fréquence.

A significant aspect of the Act is that it provides authority for promulgating regulations on the design, construction and functioning of devices and their components "for the purpose of protecting persons against personal injury, impairment of health or death from radiation." According to the Act, no person can import or sell in Canada any radiation emitting device of a class for which standards have been prescribed unless the device and its components comply with the applicable standards. It is the responsibility of the manufacturer or distributor to ensure that the device conforms to the requirements of the regulations.

Regulations for television receivers, video monitors and video display systems have been in effect since 1972. These regulations incorporate limits on maximum radiation emission as well as specific labelling requirements for purposes of identifying the source of manufacture of the products.

The VDT operators are not radiation workers, and therefore the maximum permissible levels of X-ray emission from the VDTs are set at the levels allowed for TV sets in Canada, U.S., U.K., etc., i.e., at 0.5 mR/h. This limit ensures that for a person watching the screen, whether it be a TV or a VDT, for 40 hours a week, 50 weeks a year, (i.e., 2000 hours) the X-ray exposure received from the unit does not result in the whole body dose equivalent approaching the 500 mrem per year limit applicable to the population at large.

For a unit emitting the maximum permitted level of x-radiation, the total exposure at 5 cm from the screen would be 1R during a 2000 hours worked per year. The VDT screen is viewed typically from some 40 cm distance. Since this distance is comparable with the dimensions of radiation source (screen), and the absorption in the screen would cause the angular distribution of intensity to be strongly peaked in the direction of operator, the radiation would decrease much more slowly than with the inverse square of distance. It is a conservative estimate that at 40 cm the intensity would be somewhat less than one half of its value at 5 cm.

This X-ray exposure would be limited to a small part of the body. The dose delivered by soft X-rays decreases very rapidly with the depth and, therefore, the tissues and organs lying deeper than a few centimetres would be practically completely shielded by the overlying tissue. For these reasons, the actual whole body dose equivalent would be a few mrem per year.

The average whole body dose equivalent due to ionizing radiation from environmental and internal sources on this continent varies from some 100 mrem/year to about 250 mrem/year. The whole body dose equivalent that could conceivably result from exposure to X-ray emission from a marginally acceptable TV or VDT is then much less than the naturally occurring fluctuations in the environmental radiation to which each of us is exposed. It has to be emphasized, though, that in reality the TV sets and VDTs that are on the market do not emit measurable levels of radiation.

Responsibility for enforcing compliance with the regulations resides with the Radiation Protection Bureau. The Bureau conducts a comprehensive compliance program which includes sampling and testing of devices at points of import or distribution, testing at its laboratories and evaluation of detailed technical submissions.

6. VDT Studies Carried Out by the Radiation Protection Bureau

6.1 Introduction

The possibility of X-ray emission by equipment using the Cathode Ray Tube (CRT) to display information, such as TV receivers, oscilloscopes, radar displays, or video display terminals, has been studied by the Radiation Protection Bureau since early 1970s. A number of tests were done during the preparatory stages for promulgation of the Radiation Emitting Devices Regulations for Television Receivers (these regulations are also applicable to video display monitors and terminals). After these Regulations had been promulgated on June 1, 1972 the video display terminals were tested regularly as described in Appendices I and II. The results of these tests are summarized in Tables 10-12. All models tested by June 1, 1982 are listed in Appendices III and IV.

6.2 Table 10 - Summary of X-ray Emission Measurements

Test Type	No. of Models	No. of Units	Max. Emission (mR/h)	Distance (cm)	Note
Regulatory	122	227	not detectable	5	Appendix I.A, III
Low Background	49	52	not detectable	10	Appendix I.B, IV

The regulatory measurements were done with a Victoreen 440 RF/C meter which can measure X-ray levels lower than 0.1 mR/h, while the low background measurements were performed in the Whole Body Counter using instruments capable of low-energy X-ray detection down to one millionth of one milliroentgen per hour (see Appendix I.B).

6.3 Non-ionizing Radiation Measurements

The radiofrequency (RF) emissions were measured in the frequency range 10 kHz -220 MHz with the minimum detectable level of 1 V/m. A total of 86 VDTs (57 different models from 25 suppliers) were tested. The results are summarized in Table 11, and more detailed information is given in Appendix II.

The extremely low frequency (ELF) emissions were evaluated in the frequency range 5 - 500 Hz with the minimum detectable level of about 0.001 to 0.01 A/m (depending on the frequency). The results for three VDTs, a few common electrical devices and different ambient conditions are summarized in Table 12.

Table 11 - RF Emissions from VDTs

Field Intensities	Operator Exposure(1) (Number of Models)	Keyboard Maximum(2) (Number of Models)	Localized Maximum(2) (Number of Models)
Below 1 V/m	37	33	5
1 - 5 V/m	20	20	5
5 - 10 V/m	-	4	1
10 - 60 V/m	-	-	21
60 - 200 V/m	-	-	10
Above 200 V/m	-	-	15

1. Measured 30 cm from the screen.
2. Measured as close as possible to the surface.

Table 12 - ELF Emissions (The Magnetic Field Intensity) from VDTs and other Devices

Description	Field Intensity (A/m)
Laboratory, fluorescent lights	0.188
Office, fluorescent lights	0.064
Residence, kitchen, fluorescent lights	0.103
Residence, kitchen, lights off	0.088
VDT, Sony CUM 115, 30 cm from screen	0.213
VDT, H-P 2640B, 30 cm from screen	0.097
VDT, Perkin Elmer 500, 30 cm from screen	0.217
IBM typewriter, Model 72, keyboard	0.127
IBM typewriter, Model 72, back	1.64
Baseboard heater	3.965
Hair dryer, GE-CD100A	0.236
Hand mixer, GE-M7A	9.295

SUMMARY

Radiation emissions from VDTs are either nonexistent or are so low that no standard in the world would classify these emissions as hazardous.

The major points emphasized in this document are summarized below:

1. A large number of reputable scientific surveys on radiation emissions from VDTs have been carried out all over the world. Collectively these surveys have encompassed virtually every make and model of VDT and have included emission measurements for X-ray, microwave, radiofrequency, extremely low frequency, ultraviolet, infrared and visible radiations.

2. VDTs have no components that can generate microwave radiation and none has ever been detected.

3. Some low frequency (up to 150 kilohertz) radiofrequency radiation has been detected very close to the surface of some VDTs. However, the levels fall off so rapidly with distance that at the position of the operator they are either nondetectable or significantly lower than the most restrictive standard in the world.

4. The human body is highly reflective to radiofrequency radiation of frequencies below 200 kilohertz and only a minimal amount of the radiation is absorbed by the human body.

5. Measurements of VDTs for X-ray emissions have repeatedly shown none detectable above natural background levels.

6. The Radiation Protection Bureau has carried out X-ray measurements on over 250 VDTs, comprising 150 different models. No x-radiation above background was detected.

7. To assess the validity of claims that VDTs might be emitting X-rays below the background level, 48 different models were measured in the R.P.B. low-level counting facility. This facility can detect low energy X-rays at emission levels 500 000 times lower than the mandatory standard for VDTs (0.5 mR/h). No X-ray emission was detected.

8. Visible light is produced in a VDT and is necessary for it to function. However, the level is very low -- some 200 times lower than the light level outdoors on a cloudy day and about 100 times lower than occupational exposure limits.

9. Ultraviolet and infrared radiations have either been nondetectable or some 10 000 times below occupational radiation exposure limits.

10. Extremely low-frequency emissions are of very low intensity, comparable to the intensities of emissions from other common electrical and electronic devices.

There is no reason for any person, male or female, young or old, pregnant or not, to be concerned about radiation health effects from VDTs.

X-RAY MEASUREMENT TECHNIQUE

A. Regulatory Compliance Tests

Video Display Terminals are classified as television receivers and fall under the same regulations established under the Federal Radiation Emitting Devices Act. These regulations are applicable at the point of importation or manufacture and stipulate standards of design, construction and functioning. X-ray emission is limited to a maximum of 0.5 mR/h at 5 cm from any accessible surface even if failure or malfunction of one or more components occurs.

The X-rays Section of the Radiation Protection Bureau conducts a compliance program which includes field surveys, laboratory testing and review of technical reports supplied by the manufacturer.

Field surveys are conducted at the premises of users, manufacturers, importers and vendors of VDTs. The radiation survey meter used to measure X-ray emission is a Victoreen 440 RF/C. This instrument is shielded against stray radiofrequency fields. It is an ionization chamber device designed to detect X-rays of the energies that might be emitted by VDTs. The VDT is powered at the normal line voltage (110-120 VAC) and critical electronic components are not made to fail or malfunction. Measurements are made with the screen filled with characters. The controls are first set to provide normal brightness and contrast, and then adjusted to the maximum brightness and contrast. This covers both the conditions of normal operation and of maximum probability of X-ray emission.

In laboratory testing, the manufacturer is asked to submit a representative sample to the Radiation Protection Bureau. The survey meter used is again the Victoreen 440 RF/C. The line voltage is adjusted to a maximum of 127 VAC and the operator and service controls are adjusted to produce the CRT current and voltage designed to maximize any X-ray emissions. In addition, electronic components that can affect X-ray emission are altered in such a way as to increase the likelihood of these emissions. One restriction of this failure mode testing is that the malfunction induced must not prevent the VDT from displaying a useful image that fills at least 60% of the screen.

Manufacturers of VDTs marketed in Canada are requested to provide the Radiation Protection Bureau with technical reports on their products.

These reports require detailed information on the design and functioning of the VDT, as well as on the shielding and the design of special circuits to reduce the possibility of X-ray emission. The manufacturer outlines his quality control procedures, sampling methods and corrective action program for substandard products. A description of the radiation tests performed

by the manufacturer, the test instruments used, their frequency and methods of calibration and the results of the tests are also included in the report. Should such a report be incomplete or raise doubts about compliance with the regulations, the manufacturer may then be asked to send a representative sample to the Radiation Protection Bureau for testing.

B. The Use of the R.P.B. Whole Body Counter for Low-Level Radiation Measurement on VDTs

The R.P.B. whole body counter is designed to measure very small quantities of radioactivity in the human body. The radiation detectors are housed in a chamber large enough to contain a human subject, and the chamber walls are thick enough (20 cm steel plus 0.6 cm lead) to reduce the natural background by a factor of about 1000, when the whole spectrum is considered. The facility is described in detail in the IAEA Directory of Whole Body Monitors[9].

The facility is engaged mainly in occupational health work, namely in measuring the very small amounts of uranium, radioiodine and thorium that are taken into the body by some workers in industry, universities and hospitals. The facility has participated in an international intercalibration study for plutonium in the lung, and is the National Reference Center for the calibration of other whole body counting facilities in Canada.

The low-energy emissions from many of the radioactive materials under investigation in the facility such as ^{125}I, and natural uranium, are in the same energy region as the emission that could be theoretically produced by a VDT, that is from about 10 keV to 25 keV.

The detectors used in the facility are extremely sensitive, more sensitive by a number of orders of magnitude than the GM (GEIGER-MUELLER) tube, or the ionization chamber which are the detection elements in most survey instruments.

The extreme sensitivity, coupled with the massive shielding, means that extremely low levels of radioactivity can be detected. The radiation fields associated with these small quantities are also extremely low. As an example, the facility can detect about 100 pCi* of ^{241}Am, an isotope that gives off an X-ray emission at 17 keV. The calibration of VDT tests was done with a ^{241}Am source certified to within ±5%. The radiation field associated with 100 pCi of ^{241}Am when its only 17 keV emission is considered, is less than 10^{-9} R/h. The normal background radiation field, to which we are all exposed, arises mainly from cosmic rays and natural radioactivity in soil and rocks. The size of this radiation field varies considerably with location and altitude but extensive surveys have shown that in average cosmic rays contribute about 28 mrad/yr and terrestrial radioactivity about 44 mrad/yr[10]. The sum of these dose rates is equivalent to about 8×10^{-6} R/h.

---

*100 pCi = 100 picocuries = 3.7 becquerels (Bq)

Thus by measuring VDTs in the whole body counter, dose rates in the order of 1/1000 the natural background rate would be detectable.

Measurements made up to the present time, on over 50 different units, have shown no difference in count-rate whether the unit was on, with the screen full of characters, or switched off.

RADIOFREQUENCY AND EXTREMELY LOW-FREQUENCY EMISSIONS FROM VDTs

Radiofrequency (RF) radiation occupies a part of the electromagnetic spectrum in the non-ionizing range at frequencies between about 10 kHz and 300 MHz. Microwave radiation occupies frequencies between 300 MHz and 300 GHz. Extremely low frequencies (ELF) are usually defined as frequencies below 500 Hz (Figure 1).

The source of RF in the VDT is the horizontal deflection system for the electron beam and the associated high voltage circuit (so called fly-back transformer). An investigation at the Bureau of Radiological Health[3] has shown that the emissions of RF from the VDT contain the fundamental frequency of the deflection system, which is usually between 15 and 25 kHz, and up to 6 harmonics of significant intensities, i.e., frequencies up to 6 x 25 kHz = 150 kHz can be present.

At the Radiation Protection Bureau a survey has been performed to determine the levels of RF radiation around various models of VDTs. Only emissions at frequencies between 15 and 150 kHz have been found. A total of 86 units have been surveyed. These units included 57 different models manufactured by 25 firms. For all the units the intensity of the RF field at the operator's position (30 cm from the screen) was below 5 V/m (the equivalent power density about 7 $\mu W/cm^2$). Actually only 24% (21 units) had fields equal or greater than 1 V/m. Similarly, at the keyboard only 30 units (35%) had fields greater than 1 V/m. The maximum intensity of RF radiation at the keyboard was 7 V/m (for 2 units), and only 14 units had RF levels at the keyboard above 5 V/m, but below 7 V/m.

A total of 30 units (35%) had localized RF fields of a field intensity greater than 60 V/m (equivalent power density of 1 mW/cm^2). These fields were localized at various sites on the surface of the VDT, in some cases on the screen, on the top, on the side. In each case the intensity of these fields decreased rapidly with distance from the surface.

It was also observed that the RF fields at kilohertz frequencies of an intensity greater than 60 V/m interfered with some models (but not all) of radiofrequency and microwave survey meters operating above 10 MHz. The interference manifested itself by the meter's needle going off the scale, particularly in the close proximity of the electronic circuitry emitting the low frequency (kilohertz) RF radiation. The manufacturers of the meters acknowledged the observed interference problem.

The exposure limits as recommended by the Canadian federal government do not cover frequencies below 10 MHz. The limit for the general public at frequencies above 10 MHz is

60 V/m (equivalent power density 1 mW/cm^2). The emissions from the VDT at frequencies above 10 MHz are undetectably low, as there are no sources of radiation at these frequencies within the VDT.

It is a well established fact that a human body absorbs less RF radiation as its frequency decreases below 10 MHz. Therefore, if the exposure limit for RF at 10 MHz were applied to frequencies in the kilohertz range, an additional rather large safety factor would be included. The maximum exposure to the operator as determined by our survey (5 V/m) is more than 10 times less than the limit of 60 V/m, and the maximum exposure to the operator's hands is also well within that limit.

Complete measurement data is given in Table A1. Where no number is given that means the reading was below the detectability limit of 1 V/m.

The emissions from VDTs in the ELF range (5-500 Hz) were analyzed by monitoring the frequency spectra and measuring the intensity of the magnetic field at each frequency of the emissions. A Hewlett-Packard Spectrum Analyzer with a small calibrated loop antenna was used. The results for three VDTs are given in Table A2 and for a few other devices in Table A3. The emissions from VDTs occur at the power frequency of 60 Hz and its harmonics. The intensities are very low, comparable to ambient levels and the intensities of the emissions from other devices.

On the basis of the available scientific data the ELF emissions from VDTs are extremely unlikely to be of any health implications. This is because the intensities of the magnetic field are extremely low, well below the intensities that have been shown to produce biological effects.

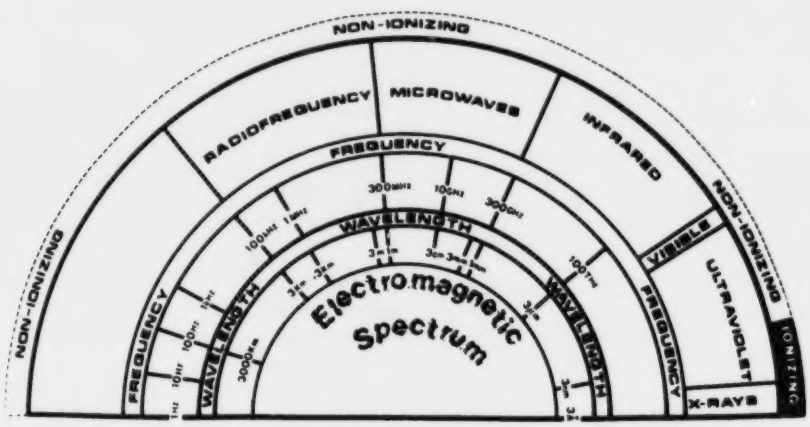

Figure 1. Electromagnetic Spectrum

Table A1 - RF Emissions from VDTs

Manufacturer	Model	Operator Exposure Maximum (V/m)	Keyboard Maximum (V/m)	Localized Field Maximum (V/m)
Conrac	Not stated			31.2
Cybernex	CT824-D10024		2	5
	CT824-D10024-DR1			2.2
	CT824-D10624-DR1			5
	LGR-1		1.2	28
	LGR-1/KH8024			2
	LGR-1/KH8024			3
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024		4	100
	LGR-2			2
	LGR-2			8
	LGR-2		1.5	20
	LGR-2		1	15
	MDL-110			25
	XL-83		1.7	40
	XL-84		1	65
	XL-84		3	40
	Not stated		2	130
Data Media	1520			2.5
	1520			2.7
	1520			17
	1520			3
	1520			2.1
	3000			180
	3000			1.8
	3000			2
	3000			3
	3000	4		2.8
	Colorscan 10	2	3	>300 *
Digital Decascope	VT50-AB			5
	VT50-AR	1.3	1.2	250
	VT55-FE			3.5
Electrohome	G12-002 (Prototype)			37.4
	Telco-RM-NK			63.3
	V23-007			67.8

* > 300 means more than 300.

Hewlett-Packard	2640B	1.8	7	300
	2645A			12.7
	2645A			14.7
	2645A			12.7
	2645A			14.7
IBM	604			3.1
	3277			
	3277			
	3277			
	3277-02			
	3275-02	1.4	1	25
	3278	1.5		4
	3278-4			5
	3278-4			4
	3278-4			6
	3278-4		1	10
ITC Ikegami	PM-900 REV-E	1.4		300
Logicon	1020076-05-243		2	30
	1020076-05-266		2	86
Micom	M2002	1	2.5	270
	M2002	1.3	3	300
Ontel	OP1			11.1
Osborne	1			100
Perkin-Elmer	550			67
PSI	Bureaucrat	1.9		>310
	Bureaucrat	4.4	4.5	> 20
	Lobbyist	2.6	4.2	>368
Sony	CVM-115	2.3		>300
Sperry Univac	R2062	3.4		> 20
	R2950	3.5		>492
	3545-00	2.5		> 20
Sycor Inc.	1500-5	3.5		>374
	1500-5	2.7		> 20
Systematics General Corp.	T5177			
	T5177			
Tektronics	4010-1			
Telegram Communications Corp.	2277 MARK II			3.9

Teletype Corp.	40			
	40			
Televideo Inc.	950			300
Telex	278	1	1	260
	278		6	290
Volker Craig	VC303	2	4	130
	VC-414H			19
	VQ-414H		3	24
	VC-415-ARL		3	17
	VC-415-APL		3.5	23
	VC-415-APL	3	2	50
Wang	5536	2	7	>300
	5536		4.5	>300

Table A2 - The Magnetic Field Intensity at ELF in A/m; Video Display Terminals

Description	Frequency (Hz)							Total
	60	120	180	240	300	360	420	
Sony								
Model CUM-115 30 cm	0.085	0.042	0.027	0.02	0.016	0.013	0.01	0.213
in the front 50 cm	0.05	0.025	0.017	0.013	0.01	0.009	0.007	0.131
of the screen Power off	0.025	-	0.01	-	0.005	-	0.002	0.042
Hewlett-Packard								
Model 2640B 30 cm	0.046	0.012	0.016	0.007	0.007	0.004	0.005	0.097
in the front 50 cm	0.046	0.008	0.016	0.003	0.007	0.002	0.002	0.084
of the screen Power off	0.04	0.002	0.013	-	0.005	-	0.003	0.063
Perkin-Elmer								
Model 550 30 cm	0.07	0.04	0.047	0.02	0.016	0.013	0.011	0.217
in the front 50 cm	0.043	0.016	0.013	0.008	0.008	0.005	0.004	0.097
of the screen Power off	0.04	0.002	0.013	-	0.005	-	0.003	0.063
Perkin-Elmer								
Model 550								
at back yoke	1.55	0.775	0.517	0.388	0.31	0.258	0.221	4.019

Table A3 - The Magnetic Field Intensity of ELF in A/m; Various Devices

Description	Frequency (Hz)								Total
	60	120	180	240	300	360	420	Other	
IBM typewriter Model 72									
Keyboard	0.047	0.007	0.016	0.003	0.009	0.001	0.004	0.04 (1)	0.127
Back	0.775	0.078	0.258	0.023	0.155	0.006	0.035	0.31 (1)	1.64
Pocket calculator transformer, TI-55	0.271	0.135	0.052	0.039	0.031	0.026	0.004	-	0.558
Baseboard heater	3.875	0.008	0.013	-	0.039	0.003	0.028	-	3.965
Hair dryer, GE CD100A	0.078	0.035	0.021	0.007	0.011	0.002	0.002	0.08 (2)	0.236
Hand mixer, GE-M7A	7.75	0.016	0.568	0.007	0.034	-	0.030	0.89 (3)	9.295
Electric kettle	0.70	0.002	0.013	0.001	0.005	-	0.002	-	0.723

1. Includes frequencies 30, 90, 150, 210 Hz etc.
2. 110, 230, 340, 350 Hz
3. 30, 160, 280, 390 Hz

X-RADIATION EMISSION TEST DATA FOR VDTs AND VIDEO MONITORS

Field Test Results

Manufacturer/Distributor	Model	No. Tested	Max. Emission (mR/h)
- (Airport Radar)	AASR-1	1	N/D*
AES Data	AES-100B-E	1	N/D
AES Data	AES Plus	1	N/D
AES Data	C-20	1	N/D
Bell Northern	Prototype Graphics Terminal	1	N/D
Bendix	Multispectral Analyser	1	N/D
Burroughs	TD-800	5	N/D
Chromatics	CG 1999	1	N/D
Chromatics	DV 1000	1	N/D
Chromatics	KV 1000	1	N/D
Commodore	PET 2001	1	N/D
Conrac	21359P-4	1	N/D
Conrac	CVA-23	2	N/D
Consolidated Computer	KEY EDIT 1000	6	N/D
Cromemco	3102	1	N/D
Control Data Canada	Vucom	1	N/D
Cybernex	MDL 110	1	N/D
Cybernex	LGR I	12	N/D
Cybernex	LGR II	1	N/D
Cybernex	LTL I	2	N/D
C.G.E.	CGE6810	2	N/D
Data Media	DT80/1	1	N/D
Datapoint	8200	2	N/D
Datapoint	6600	1	N/D
Datapoint	1800	1	N/D
Datapoint	3800	1	N/D
Delta Data Systems	E0A10B101	2	N/D
Delta Data Systems	P0A10M0-01	8	N/D

*N/D: non detectable

Digital Equipment of Canada	VT100-AA	1	N/D*
Digital Equipment of Canada	VT52-AE	3	N/D
Electrohome	CCTV	1	N/D
Electrohome	V10-420	1	N/D
Electrohome	V10-430	1	N/D
Electrohome	V05-301	2	N/D
Electrohome	V05-302	1	N/D
Electrohome	S02202	3	N/D
Electrohome	D02802	1	N/D
Electrohome	2250 NTSC	1	N/D
Electrohome	TELCO-KM-NK	1	N/D
Electrohome	G12-002	1	N/D
Electrohome	V23-007	1	N/D
General Terminal	GTC 400	1	N/D
Goodwood Data Systems	-	1	N/D
Goodwood Data Systems	VDM-14	2	N/D
Goodwood Data Systems	VDM-9	1	N/D
Goodwood Data Systems	10862	1	N/D
Goodwood Data Systems	10856	1	N/D
Hazeltine	Modular One	1	N/D
Heath (Zenith)	HE-Z89-48	1	N/D
Heath (Zenith)	GR-4000	1	N/D
Heath (Zenith)	D12	1	N/D
Hewlett-Packard	HP2621P	1	N/D
Hewlett-Packard	2645A	4	N/D
Hewlett-Packard	9845C	1	N/D
Hitachi	CUX-01	1	N/D
IBM	3277	4	N/D
IBM	2A Type 3279	1	N/D
IBM	3B Type 3279	1	N/D
IBM	50A	1	N/D
IBM	3276-32	1	N/D
Image Magnification	IMI-3000	1	N/D
Image Magnification	MI-1	1	N/D
Intergraph	Intergraph 3	1	N/D
Intelligent Systems	Intecolor 8031	1	N/D
Kratos	1930	1	N/D
Lanpar	LS400	1	N/D
Logicon	TPS600	2	N/D

*N/D: non detectable

Micom	2000	2	N/D*
Micom	2001	1	N/D
Mitsubishi Electric	RH-5B	2	N/D
Motorola	-	3	N/D
Motorola	XM-227-1X	1	N/D
Motorola	XM-400-1Y	1	N/D
Motorola	VP6-S1	1	N/D
Motorola	VP4-S1	1	N/D
Motorola	KT232-4	1	N/D
Norango Computer Systems	-	1	N/D
Ontel	OP-1R	1	N/D
Panasonic	CT-110MC	1	N/D
Projection Systems	CV3	2	N/D
Raytheon	2652-500161	2	N/D
Raytheon	RYC 7308-01	1	N/D
Raytheon	Vucom 2	11	N/D
Raytheon	401-2A	1	N/D
Raytheon	402-2A	1	N/D
Raytheon	-	10	N/D
Radio Shack	TRS-80 Model 11	1	N/D
Radio Shack	TRS-80 Model 111	1	N/D
Radio Shack	TRS-80 Model 8201	1	N/D
Radio Shack	TRS-80 Cat. No. 26-1062	1	N/D
RCA	-	4	N/D
RCA	2588	2	N/D
Sanyo	DM5012CX	1	N/D
Sanyo	VM4092U	1	N/D
Sony	PVM-1211	1	N/D
Sony	-	8	N/D
Sony	KP7200	1	N/D
Spectral Data	700DR?B	1	N/D
Sperry Rand/Univac	CADE 1900	6	N/D
Sperry Rand/Univac	3534-00	3	N/D
Sycor	1500-5	2	N/D
TCTS	Vucom 1	3	N/D
TCTS	Vucom 11	8	N/D
TCTS	Vucom 111	1	N/D

*N/D: non detectable

Tektronix	4010S	1	N/D*
Tektronix	4013S	1	N/D
Tektronix	4013	1	N/D
Tektronix	4014	1	N/D
Tektronix	4016	1	N/D
Tektronix	4027	1	N/D
Tektronix	J1000	1	N/D
Teleram Communications	2277 Mark 11	1	N/D
Teletype	40	2	N/D
Televideo	TVA-912	1	N/D
Toshiba	-	1	N/D
Westinghouse	1600-S98-9005	1	N/D
Xerox	850	1	N/D
Monitors at Dorval Airport	-	7	N/D
Monitors at Mirabel Airport	S-70-2028-01	1	N/D
Monitors at Mirabel Airport	ARHL-1	1	N/D
Monitors at Mirabel Airport	-	2	N/D

*N/D: non detectable

VIDEO DISPLAY TERMINALS TESTED IN WHOLE BODY COUNTER

48 Models - 51 Units

Date	Serial No.	Manufacturer and Model
07/07/81	-------	Hewlett-Packard HP 2621 A/P
01/12/81	80062865	Cybernex MDL-100
02/12/81	7901354	Cybernex LGR-1
02/12/81	7901353	Cybernex LGR-1
03/12/81	7612002	Cybernex LGR-1/KH8024
04/12/81	51020170	Televideo Model 950
07/12/81	7801074	Cybernex Ltl-1 KC8024
09/12/81	701387	AES Data Ltd. Alphaplus 12
09/12/81	-------	*Sony Trintron KX 16HF-1
10/12/81	1061	Video Data Monitor VDM-14
14/12/81	-------	TSD Display Products N-DC-15
14/12/81	0003882	Radio Shack TRS-80 III Micro Computer
17/12/81	OIDS-DC Terminal	TES Data Screen Terminal: TEC Series 400 Data Screen Terminal
17/12/81	-------	Goodwood Data Systems Ltd. DVM-14 Series 1061, Motorola Terminal
11/01/82	2443	A.B. Dick Model 2205
25/01/82	090131	Sperry Univac UTS 20
01/02/82	1201818	Hazeltine Executive Model 80
01/02/82	81065409	Cybernex XL87F
01/02/82	927013121	Xerox Model X927
03/02/82	BLC-024-03677	Honeywell Ti BTRM 726A 001
10/02/82	AB 54318	Digital Model VT100-AA (Zentronics)
17/02/82	30675	*IBM Model 3B Type 3279
03/03/82	154274 Regent 30	ADDS-(CGE)- Applied Digital Data Sys.
03/03/82	9-504707	*Electrohome Model 13" COL GAMS MT
04/03/82	51057639	Datamex Televideo TV1-950
08/03/82	44670C-8	Datamex Colorscan-10
09/03/82	VE100647	MAI-Basic Four - Model 7270

*Colour Monitor

11/03/82	5019/992-1100	Comterm - 5278
	-0005-1402	------
22/03/82	004810	Anderson & Jacobson AJ-510
22/03/82	2021 7239B	Micom 2001 M2001-VDU (Philips)
24/03/82	24018-218	Volker Craig - VC 4404
26/03/82	ZVM-121	Apple II Monitor Zenith Data Systems
	A2S2-241326	Keyboard Apple II Model No. A2S1048
29/03/82	18073-7	Multi Port II CMQ
01/04/82	WF43689	VT100-AA Digital Equipment
05/04/82	2004784	Esprit (Hazeltine) - Ahearn & Soper
06/04/82	004265100A	Visual 100A - Ahearn & Soper
07/04/82	200001	AM Varityper 5404
08/04/82	927-016523	Xerox Model 820
08/04/82	1015	Comterm - 5279
14/04/82	9-504707	*Electrohome Model 13" COL GAMS MT
26/04/82	15417	*Intecolor Intelligent Sys. Corp. Datamex
27/04/82	008204001H(T)	Dy4 VGT-100H - Dy4 Systems Inc.
28/04/82	180358	Lanparscope XT-80 - Lanpar
29/04/82	40396022	*Electrohome 38-G12003-60 High Res.
03/05/82	7403	Decision Data Model 3751-11
04/05/82	A2225042	Lanparscope XT-100 - Lanpar
04/05/82	1928032	Lanparscope XT-51 - Lanpar
10/05/82	-------	TOPS - Bell Canada
11/05/82	LF 2382	Wang Word Processor - No. 5503
17/05/82	1885	CCI Model 625L - Bell Canada
17/05/82	70011	IBM 4978-2 - Bell Canada
01/06/82	P-5838	Microdata - Model 5420-00
02/06/82	D0524	Microdata - Model 8001/00-0452-XXX

*Colour Monitor

REFERENCES

1. "A report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals." C.E. Moss, W.E. Murray, W.H. Parr, J. Messite and G.J. Karches, National Institute of Occupational Safety and Health, Report DHEW (NIOSH) No. 78-129, NIOSH, Cincinnati, 1977.

2. "Electromagnetic Radiation Emitted from Video Computer Terminals." M.M. Weiss and R.C. Petersen; American Industrial Hygiene Association Journal 40, 300-309, 1979.

3. "Electromagnetic Emission from Visual Display Units: A Non-hazard." M.L. Wolbarsht, F.A. O'Foghludha, D.H. Sliney, A.W. Guy, A.A. Smith, Jr. and G.A. Johnson in "Occular Effects of Non-Ionizing Radiation," Proceedings, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, Volume 229, 1980.

4. "Health Hazards Associated with the Use of Visual Display Units." H. Vetter; IAEA Report, 1979.

5. "Radiation Emissions from Visual Display Units." E.A. Cox and "Health Hazards of VDUs?" 1, Papers presented at a One Day Conference, The HUSAT Research Group, Loughborough University of Technology, 11th December, 1980; pp. 25-38, 1980.

6. "Electromagnetic Radiations Emitted by Visual Display Units." T. Terrana, F. Merluzzi and E. Giudici, in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, edited by E. Grandjean and E. Vigliani; Taylor and Francis Ltd., London, pp. 13-21, 1980.

7. "Potential Health Hazards of Video Display Terminals." W.E. Murray et al., NIOSH Research Report, DHHs (NIOSH) Publication No. 81-129, 1981.

8. "An Evaluation of Radiation Emission from Video Display Terminals." Bureau of Radiological Health, HHS Publication FDA 81 - 8153, 1981.

9. IAEA 1970, Directory of Whole Body Radioactivity Monitors, Section CA3, IAEA Vienna.

10. NCRP 1975, Natural Background Radiation in the U.S. p. 21, p. 73, NCRP Report No. 45.

ADDITIONAL BIBLIOGRAPHY

BRUTON, D.M. Medical aspects of cathode ray tube display systems. Trans. Soc. Occup. Rad. Vol. 22, 1972 pp.55-57.

BUSCH, G.K. Ergonomic problems with visual display units in the banking and insurance industries. Report for F.I.E.T., U.S.A., 1976.

Characteristic Values for Adaptation of Work Stations with Fluorescent Screens to Humans. (DIN Standard 66234 draft) Berlin, F.R.G.: German Industry Standards Committee, 1979.

CONDON, R. Do the eyes have it - or is it all just one big strain? Computing Europe, August 1976, 12.

DORAN, D. Environmental considerations for CRT display systems. Paper presented at IATA Seminar, July 1977.

GOULD, J.D. Visual factors in the design of computer-controlled CRT displays. Human Factors, Vol. 10, 1968, 359-376.

GREEN, R. VDUs come under health scrutiny. Computing, December 1977.

GUNNARSSON, E. and OSTBERT, O. The physical and psychological working environment in a terminal-based computer storage and retrieval system. Stockholm, Sweden: National Board of Occupational Safety and Health Report 35, 1977.

GUNNARSSON, E. and SODERBERT, I. Eye-strain resulting from VDT work at the Swedish Telecommunications Administration. Stockholm, Sweden: National Board of Occupational Safety and Health, 1980.

HAIDER, M., KUNDI, M. and WEISSENBOCK, M. Worker strain related to VDUs with differently colored characters. In E. Grandjean (Ed.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. London, England: Taylor and Francis Ltd., 1980, 53-64.

HART, David. The Human Aspects of Working with Visual Display Terminals. Research Report No. 76/02. Inca Fiej Research Association. The International Research Association for Newspaper Technology (February 1976).

HOLLAR, J., KUNDI, M., SCHMID, H., THALER, A., and WINTER, N. Stress and strain on the eyes produced by work with display screens: Report on a work-physiological study performed for the union of employees in the private sector. (Austrian Trade Union Association: Vienna, Austria), 1975.

HULTGREN, G.V. and KNAVE, B. Discomfort glare and disturbances from light reflections in an office landscape with CRT display terminals. Applied Ergonomics, Vol. 5, 1974, 2-8.

HUNTING, W., LAUBLI, T., and GRANDJEAN, E. Constrained postures of VDU operators. In E. Grandjean (Ed.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. London, England: Taylor and Francis Ltd., 1980, 175-184.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINE CORP. Human Factors of Workstations with Display Terminals. White Plains, N.Y.: International Business Machines (IBM), 1979.

LAUBLI, T. HUNTING, W. and GRANDJEAN, E. Visual impairments related to environmental conditions in VDU operators. In E. Grandjean (Ed.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. London, England: Taylor and Francis Ltd., 1980, 85-94.

LUCKETT, L.W. and CASE, L.M. Radiation exposure from a cathode ray tube display device. Health Physics, Vol. 29, Part 6, 1975, 925.

OSTBERG, O. CRTs pose health problems for operators. Health and Safety, November 1975, 24-52.

OSTBERG, O. and STONE, P.T. Methods for evaluating discomfort glare aspects of lighting. Psychological Reports, Goteborg, Sweden, Vol. 4, No. 4.

PETERSEN, R.C. et al. Non-ionizing electromagnetic radiation associated with video display terminals. Society of Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE). Vol. 229 Occular Effects of Non-Ionizing Radiation, 1980, 179.

SMITH, M.J., COLLIGAN, M.J. and HURRELL, J.J. A review of the psychological stress research carried-out by NIOSH, 1971 to 1976. In R. Schwartz (Ed.) New Developments in Occupational Stress. Los Angeles, California. Institute of Industrial Relations, University of California, 1979.

SMITH, M.J., STAMMERJOHN, B., COHEN, B. and LALICH, N. Video Display operator stress. In E. Grandjean (Ed.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. London, England: Taylor and Francis Ltd., 1980, 201-210.

STEWART, T.F.M. Eyestrain and visual display units. A review. Display, 1979.

STEWART, T.F.M., OSTBERG, O. and MACKAY, C.J. Computer terminal Ergonomics, Statkontroet (Sweden), DNR 170/72-75 2nd Edn., 1974.

TAYLOR, R.M. Human factors aspects of colour and monochrome coding in visual display units. Paper presented at IATA Seminar, July 1977.

VET Advisory Group. Eye Tests and VDT Users: Final Report of the VET Advisory Group, London, England. VET Advisory Group, 1979.

WHYCER, B. A simple screening technique for visual assessment. In V.M. Reading (Ed.) Visual Aspects and Ergonomics of Visual Display Units. London, England. Institute of Ophthalmology, University of London, 1978, 7-12.

INVESTIGATION SUR LES RAYONNEMENTS ISSUS DES TERMINAUX À ÉCRAN CATHODIQUE

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
Ministre de la Santé nationale et du Bien-être social

83-DMH-91

DES EXEMPLAIRES DU PRÉSENT RAPPORT PEUVENT ÊTRE OBTENUS DE LA

Direction des affaires publiques
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
5e étage
Immeuble Brooke Claxton
Ottawa K1A 0K9

Also available in English under the title
"Investigation of Radiation Emissions from Video Display Terminals"

PRÉFACE

Le rapport présente une revue sommaire des enquêtes déjà menées sur les radiations émises par les terminaux à écran cathodique. Il présente aussi une estimation de l'impact biologique de ces radiations.

La mise en oeuvre de ce rapport a été réalisée grâce au concours du D^r W.M. Zuk, du D^r M.A. Stuchly, de M. P. Dvorak et du D^r J.D.Y. Deslauriers du Bureau de la radioprotection.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
1. **Qu'est-ce qu'un terminal à écran cathodique (TÉC)?**	1
2. **Comment fonctionne un TÉC?**	1
3. **Quelles sont les sources possibles de rayonnement dans ces appareils?**	2
3.1 Le tube à rayon cathodique (TC)	2
3.2 Le système de déviation horizontale	3
4. **Revue des études effectuées sur les rayonnements issus des TÉC**	3
4.1 À l'étranger	4
4.2 Au Canada	16
5. **Responsabilités du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social.**	18
5.1 Hygiène et sécurité au travail	18
5.2 Règlements sur les dispositifs émettant des radiations relatifs aux terminaux à écran cathodique	18
6. **Études des TÉC effectuées par le Bureau de la radioprotection**	20
6.1 Introduction	20
6.2 Résumé des émissions de rayons X mesurées	20
6.3 Mesures des rayons non ionisants	21
RÉSUMÉ	24
ANNEXE I - TECHNIQUE DE MESURE DES RAYONS X	27
ANNEXE II - ONDES RADIOÉLECTRIQUES ET RADIATIONS DE FRÉQUENCE EXTRÊMEMENT BASSE ÉMISES PAR LES TÉC	30
ANNEXE III - DONNÉES OBTENUES DES TESTS DE MESURE D'ÉMISSION DE RAYONS X PROVENANT DES TÉC ET DES MONITEURS VIDÉO	38
ANNEXE IV - TÉC SOUMIS À DES ESSAIS DANS UN ANTHROPORADIOMÈTRE	42
RÉFÉRENCES	44
BIBLIOGRAPHIE	45

LISTE DES TABLEAUX

		Page
1	- Résultats publiés par le NIOSH en 1977 au sujet de l'enquête sur les TÉC	4
2	- Résumé des données obtenues par Wolbarsht et coll.(3) sur l'intensité efficace (RMS) intégrée des champs électrique et magnétique à 25 cm de l'écran cathodique	7
3	- Résumé des mesures effectuées sur les TÉC par le N.R.P.B.	9
4	- Résumé des mesures relatives à l'émission de micro-ondes et d'ondes radioélectriques effectuées par la E.R.A.T.L.	10
5	- Sommaire des mesures de radiation effectuées par le NIOSH en 1980	12
6	- Comparaison des résultats de l'étude effectuée par le NIOSH en 1980 aux normes américaines reconnues.	13
7a)	- Résultats obtenus par le B.R.H. à partir des mesures de l'émission de rayons X et comparaison de ces mesures à celles qui sont prescrites dans les normes américaines	15
b)	- Liste des appareils émettant des niveaux décelables de rayons X à 5 cm de l'écran.	15
8	- Mesures des rayonnements non ionisants obtenues par le B.R.H. et comparaison aux limites prescrites sous les normes américaines ou aux niveaux limites recommandés.	16
9	- Résumé des données sur les rayons X émis par les TÉC - Établissements canadiens, à l'exclusion du Bureau de la radioprotection	17
10	- Résumé des mesures d'émissions de rayons X	20
11	- Ondes radioélectriques émises par des terminaux à écran cathodique	22
12	- Émissions FEB (intensité du champ magnétique) prevenant des TÉC et autres dispositifs	23
A1	- Ondes radioélectriques émises par des TÉC	33
A2	- Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; terminaux à écran cathodique .	36
A3	- Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; divers appareils	37

FIGURE

1	- Spectre électromagnétique	31

NOTE

Unités utilisées pour les rayons-X

Pour minimiser la probabilité d'erreur numérique, toutes les données sur les rayons-X sont rapportées avec les unités qui ont été utilisées lors des mesures ou bien lors de la publication. Les relations entre les unités utilisées dans le présent rapport et les unités équivalentes du Système international sont présentées ci-dessous.

Exposition: 1 roentgen (R) = 2.58×10^{-4} coulomb par kilogramme (C/kg)

Dose absorbée: 1 rad (r) = 0.01 gray (Gy)

Dose équivalente: 1 rem = 0.01 sievert (Sv)

INTRODUCTION

En raison des progrès techniques réalisés dans le domaine du traitement de l'information grâce aux microprocesseurs, l'emploi des machines de traitement de texte et de systèmes d'information vidéo est maintenant répandu dans les bureaux, dans le domaine des communications et de l'enseignement et dans nos foyers, depuis l'avènement des "ordinateurs personnels". Le terminal à écran cathodique (TÉC) fait partie intégrante de presque tous ces appareils.

La prolifération des TÉC a fait surgir des questions au sujet d'éventuels effets nuisibles sur la santé lors de leur emploi. Les médias et les syndicats ouvriers, en particulier, s'inquiètent vivement du danger d'irradiation possible pour les opérateurs de tels appareils.

Le présent rapport a pour objet d'étudier ces préoccupations. On y présente et on y traite les résultats des mesures des rayonnements émis par les TÉC effectuées par le Bureau de la radioprotection. Bien que le rapport ne soit pas censé être une revue de toute la documentation publiée à ce sujet dans le monde, on y résume et on y revoit les études les plus importantes menées à l'égard des TÉC. On y signale les données récentes qui ne sont pas encore généralement connues.

1. Qu'est-ce qu'un terminal à écran cathodique?

Le terminal à écran cathodique est essentiellement un moniteur de télévision qui affiche des données provenant d'un ordinateur ou d'une machine de traitement de texte plutôt que d'un signal de télévision. Il fait partie intégrante du système informatique qui forme une machine de traitement de texte. Le terminal, par l'intermédiaire de son clavier, fait le lien entre l'opérateur et le microprocesseur. Dans certains ordinateurs domestiques, un téléviseur sert d'écran cathodique.

2. Comment fonctionne un terminal à écran cathodique?

Le TÉC fonctionne un peu comme un téléviseur. Il est constitué d'un gros tube de verre à vide appelé tube cathodique, dans lequel se trouve une source d'électrons (la cathode) et un écran dont la face intérieure est enduite d'une matière fluorescente. Les électrons issus de la cathode sont accélérés sous une différence de potentiel élevée (typiquement de l'ordre de 10 000 à 25 000 volts) et sont projetés sur la matière fluorescente. Cette matière émet de la lumière visible lorsqu'elle est frappée par les électrons qui se déplacent rapidement. Le tube cathodique comporte également diverses électrodes qui focalisent le faisceau électronique et le balayent sur l'écran fluorescent. Les circuits électroniques du TÉC modulent le faisceau d'électrons pour produire sur l'écran les images souhaitées.

3. Quelles sont les sources possibles de rayonnement dans ces appareils?

Les sources possibles de rayonnement dans les TÉC sont le tube cathodique (pour les rayons X, les rayonnements visibles, les rayons infrarouges et les rayons ultraviolets), les circuits du système de déviation horizontale (pour les ondes radioélectriques), et enfin, les transformateurs et les bobines pour les ondes de fréquence extrêmement basse (FEB).

3.1 Le tube à rayon cathodique (TC)

Des rayons X sont produits chaque fois que des électrons à grande vitesse sont ralentis ou rapidement arrêtés dans une matière. Ces conditions existent à l'intérieur du tube cathodique d'un TÉC.

Tel qu'indiqué à la partie 2, la face intérieure de l'écran du TC est enduite d'une matière fluorescente. Lorsque les électrons issus de la cathode frappent cette matière, ils produisent de la lumière visible. Théoriquement, l'écran fluorescent devrait convertir toute l'énergie des électrons incidents en lumière visible. En pratique, toutefois, certains électrons perdent de l'énergie en émettant des rayons X à la place.

Étant donné les tensions de fonctionnement relativement faibles des TC, les rayons X produits à l'intérieur du tube cathodique ont une énergie faible et ne sont pas très pénétrants. Ces rayons X sont absorbés par l'enveloppe de verre du tube et ne le traversent pas. De fait, en raison de son épaisseur, le verre employé dans le tube cathodique a des propriétés de blindage contre les rayons X supérieures à celles qui sont requises pour les tensions de fonctionnement des TÉC et peut absorber des rayons dont l'intensité est bien supérieure à celle des rayons produits dans le tube cathodique. Les résultats des mesures des rayons X le confirment.

D'autres genres de radiations électromagnétiques peuvent aussi être produites à l'intérieur du tube cathodique. Selon le genre de matière fluorescente employée, les rayons ultraviolets et infrarouges peuvent être produits au niveau de l'écran fluorescent par le bombardement d'électrons. Comme les rayons X, ces rayons sont presque entièrement absorbés par l'enveloppe de verre du tube. Lorsque des traces de rayons ultraviolets sont décelés au niveau de l'écran des TÉC, les doses mesurées sont des milliers de fois plus faibles que le taux admissible d'exposition professionnelle continue.

Les mesures effectuées sur la lumière visible émise par le tube cathodique montrent une intensité très faible des rayons - environ 200 fois inférieure à celle de la lumière extérieure par temps nuageux, et plus de 1000 fois inférieure au niveau sécuritaire de visualisation en continu des rayons lasers.

3.2 Le système de déviation horizontale

Les ondes radioélectriques émises par un TÉC sont produites, d'une part, par le système de déviation horizontale qui entraîne le balayage du faisceau d'électrons sur l'écran fluorescent, et, d'autre part, par le circuit à haute tension qui lui est associé, c'est-à-dire le transformateur de balayage horizontal. Ce circuit produit la haute tension nécessaire à l'accélération des électrons issus de la cathode jusqu'à la vitesse requise pour émettre de la lumière visible lorsqu'ils frappent l'écran fluorescent. Ces tensions sont habituellement de l'ordre de 10 000 à 25 000 volts, selon le modèle de TÉC.

Pour entraîner la déviation du faisceau d'électrons et engendrer le balayage nécessaire dans le TÉC, on pulse très rapidement la sortie horizontale - environ 15 000 à 25 000 fois par seconde (15 à 25 kHz), selon le modèle de TÉC. Cette variation rapide de la tension engendre des champs d'ondes radioélectriques au voisinage du transformateur de balayage horizontal et des circuits connexes. L'onde radioélectrique est produite à la fréquence fondamentale du système de déviation et à des harmoniques allant jusqu'à 150 kHz.

Dans les cas où l'on détecte des ondes radioélectriques provenant des TÉC, ces radiations se trouvent près de la surface de l'appareil. L'intensité décroît très rapidement selon la distance de cette surface. À une distance de 20 à 30 cm, l'onde ne peut plus être décelée. Dans les rares cas où elle est encore mesurable, l'intensité reste bien inférieure à celle qui peut produire des effets biologiques ou encore à celle qui est proposée dans la norme d'exposition la plus sévère au monde.

La structure des circuits d'oscillateurs employés dans les TÉC et la nature de leur fonctionnement empêchent l'émission de micro-ondes (radiations électromagnétiques dont la fréquence se situe entre 300 MHz et 300 GHz). Aucune onde électromagnétique de cette gamme de fréquences provenant des TÉC ne peut être détectée.

4. Revue des études effectuées sur les rayonnements issus des TÉC

Un certain nombre d'études sur les TÉC ont été menées un peu partout dans le monde en raison des préoccupations exprimées à l'égard des rayonnements potentiellement dangereux. Ces études, comportant à la fois des mesures de rayonnements ionisants (rayons X) et de rayonnements non ionisants, portent sur presque toutes les marques et tous les modèles de TÉC. Les résultats des études les plus importantes sont revues dans cette partie.

4.1 À l'étranger

En 1977, le U.S. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) a publié les résultats d'une enquête menée en 1975 sur trois genres de TÉC employés dans les bureaux d'un grand journal. L'intensité des rayons X, de l'ultraviolet, du visible, de l'infrarouge et des ondes radioélectriques fut mesurée autour de 23 appareils. Les résultats de cette enquête sont résumés dans le Tableau 1.

Tableau 1 - Résultats publiés par le NIOSH en 1977 au sujet de l'enquête sur les TÉC

Genre de rayonnements	Quantité maximale mesurée	Norme américaine d'exposition professionnelle sécuritaire
Ultraviolet	2×10^{-9} W/m^2	1×10^{-3} W/m^2
Visible	21 fL	$2{,}92 \times 10^{3}$ fL
Infrarouge	Non décelable	1×10^{-2} W/m^2
OR (champ E)	Non décelable	2×10^{2} V/m
OR (champ H)	Non décelable	5×10^{-1} A/m
Rayons X	0,85 mR/h*	2,5 mR/h**

Note:

W/m^2	exprime le nombre de watts par mètre carré
fL	exprime la luminance visuelle en foot-lamberts
V/m	exprime le nombre de volts par mètre
A/m	exprime le nombre d'ampères par mètre
mR/h	exprime le nombre de milliröntgens par heure
OR	onde radioélectrique
Champ E	désigne le champ électrique des ondes radioélectriques
Champ H	désigne le champ magnétique des ondes radioélectriques

* Comprend l'irradiation naturelle de fond. Il a été établi par la suite que cette mesure était inexacte.

** Selon la limite d'exposition annuelle de 5000 mR divisé par 2000 heures de travail par an.

La quantité la plus élevée de rayons ultraviolets mesurée par le NIOSH est 500 000 fois plus faible que la limite sécuritaire d'exposition professionnelle. La luminance visuelle mesurée est 140 fois plus faible que le niveau maximal d'exposition sécuritaire. Aucun infrarouge ou onde radioélectrique n'est décelée. Les mesures relatives aux rayons X n'indiquent aucune quantité supérieure à celle du taux d'émission naturelle de l'instrument, qui varie entre 0,16 et 0,7 mR/h. (Les mesures brutes de taux d'émission de rayons X varient entre 0,12 et 0,85 mR/h.)

Lorsque fut vérifié de nouveau le seul appareil pour lequel fut obtenue une lecture momentanée de 0,85 mR/h, la deuxième lecture fut de 0,20 mR/h. On attribue cette lecture momentanée élevée à une fluctuation du taux d'émission de fond. La conclusion finale indique qu'il n'y avait aucune émission de rayons X mesurable.

Dans le rapport publié par le NIOSH(1) en 1977, on signale une enquête effectuée sur 67 TÉC cette année-là dans les locaux du même grand journal par une compagnie d'assurance importante. Les lectures maximales dans ce rapport sont de 0,2 mR/h. Comme le taux d'émission naturelle varie entre 0,1 et 0,3 mR/h, les auteurs concluent qu'aucune émission de rayons X mesurable n'est émise par les TÉC à l'étude.

Le NIOSH conclut que les TÉC à l'étude semblent incapables d'émettre des rayonnements qui, en raison de leur intensité, présenteraient un risque professionnel.

En 1979, Weiss et Petersen(2) des laboratoires de la Bell Telephone ont publié les résultats de leur enquête sur les radiations électromagnétiques issues de 11 TÉC de 8 modèles différents employés par le Bell System. Leur étude comporte des mesures d'ondes radioélectriques et de micro-ondes (sur une gamme de fréquences comprises entre 10 kHz et 18 GHz), de rayons X, de rayons ultraviolets et infrarouges et de lumière visible (sur une gamme de longueurs d'onde comprises entre 350 et 600 nanomètres).

Au cours de cette étude, comme dans le cas de celle du NIOSH en 1977, aucune émission de radiation ionisante d'intensité supérieure à celle du niveau de fond ne fut décelée. L'étude rapporte des mesures d'ondes radioélectriques dont la fréquence est comprise entre 1,5 kHz et 1,4 GHz. Toutefois, l'intensité maximale du champ électrique mesuré est plus de 100 fois inférieure à celle qui est prescrite dans la norme de sécurité la plus sévère du monde (celle de la Tchécoslovaquie).

Cette étude rapporte aussi des mesures de rayons ultraviolets. Cependant, l'intensité mesurée est au moins 10 000 fois inférieure à celle de la norme d'exposition professionnelle. À partir de ces résultats, Weiss et Petersen concluent qu'il n'existe actuellement aucune preuve expérimentale ou épidémiologique qui permette d'établir que ces niveaux de rayonnements puissent être préjudiciables à la santé des travailleurs utilisant des terminaux à écran cathodique comme ceux examinés dans leur étude.

Wolbarsht et coll.(3) ont effectué des mesures précises sur un modèle de TÉC, soit le modèle 3277 d'IBM, pour déceler la présence d'ondes radioélectriques (fréquences entre 10 kHz et 10 GHz) de rayons ultraviolets, de rayons infrarouges, de lumière visible (longueur d'onde de 0,2 à 10 micromètres) et de rayons X dont le spectre d'énergie se situe entre 5 et 40 keV.

Cette étude diffère de façon significative des études précédentes du fait que les mesures ont été effectuées en laboratoire, où la sensibilité de lecture est supérieure à celle qu'on peut obtenir sur place. Elle comprend aussi des mesures après avoir provoqué une panne par surtension dans le TÉC pour maximiser l'émission de rayonnements.

À l'aide d'un détecteur à scintillation au NaI(T1), Wolbarsht et coll.(3) ont fixé un plafond de 3×10^{-6} R/h pour l'émission possible de rayons X. On n'observe aucune différence significative entre les résultats des mesures effectuées lorsque l'appareil fonctionne normalement ou lorsqu'il est en panne.

Pour les ondes radioélectriques et les micro-ondes, des mesures des champs électrique et magnétique du TÉC sont présentées. Les auteurs comparent ces mesures à celles effectuées sur un téléviseur couleur et un téléviseur noir et blanc. Les résultats sont résumés au Tableau 2 partie (a) et (b). Pour fins de comparaison, les normes américaines (ANSI) et les normes soviétiques sont présentées dans ces tableaux. Cette comparaison des résultats aux normes pertinentes révèle d'ailleurs des marges de sécurité importantes pour ce modèle de TÉC.

Wolbarsht et coll.(3) ont obtenu des quantités semblables à celles du NIOSH pour les mesures de rayons ultraviolets, infrarouges et visibles, soit des niveaux bien inférieurs aux limites sécuritaires d'exposition professionnelle établies. Par exemple, dans la bande de longueurs d'onde comprise entre 200 et 320 nm (rayons ultraviolets), l'éclairement énergétique mesuré de $1{,}25 \times 10^{-10}$ W/cm^2 est 800 fois inférieur à la limite sécuritaire; dans la bande de 320 à 400 nm (ultraviolet proche), l'éclairement énergétique est 10^7 fois inférieur à la limite sécuritaire; la luminance visuelle mesurée est 273 fois inférieure à la limite sécuritaire d'exposition professionnelle. Dans la bande des longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm (lumière visible), l'éclairement énergétique mesuré est plus de 7000 fois inférieur à la limite sécuritaire et dans la bande de longueurs d'onde comprises entre 0,7 et 4,1 µm (infrarouge), l'éclairement énergétique mesuré, soit $2{,}0 \times 10^{-5}$ W/cm^2, est 500 fois inférieur à la limite sécuritaire.

À partir de ces résultats, Wolbarsht et coll. concluent que ce modèle de TÉC ne présente aucun danger d'irradiation et que d'autres facteurs du milieu revêtent plus d'importance dans l'évaluation des effets à long terme de l'emploi des TÉC.

Vetter(4) rapporte des résultats d'analyses effectuées sur deux modèles de TÉC au bureau de l'Agence internationale de l'énergie atomique (I.A.E.A.) à Vienne. Les lectures effectuées à l'aide d'un cristal à scintillation au ZnS, d'un détecteur de rayons X au Ge(Li) et d'un dosimètre à thermoluminescence au CaF_2 (T.L.D.) avaient pour but de mesurer l'intensité des rayons X émis par les appareils en question. Dans chaque cas, aucun rayon X dont l'intensité dépasse celle des émissions naturelles de fond ne fut décelé. Cette intensité est de 8 µR/h dans l'établissement de l'A.I.E.A.

Tableau 2 - Résumé des données obtenues par Wolbarsht et coll.[3] sur l'intensité efficace (RMS) intégrée des champs électrique et magnétique à 25 cm de l'écran cathodique

(a) Champ électrique

Gamme de fréquences	TÉC (IBM 3277)	Téléviseur couleur (Sony)	Téléviseur noir et blanc (Motorola)
	(V/m)	(V/m)	(V/m)
1 kHz - 10 MHz	$2,25 \times 10^{-1}$	7,5	11,1
10 MHz - 10 GHz	$5,23 \times 10^{-3}$	$2,41 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-4}$
	Densités de puissance équivalentes (à celle d'une onde plane)		
	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	$1,34 \times 10^{-5}$	$1,49 \times 10^{-2}$	$3,27 \times 10^{-2}$
10 MHz - 10 GHz	$7,26 \times 10^{-9}$	$1,54 \times 10^{-9}$	$8,35 \times 10^{-11}$

Normes américaines (ANSI) et soviétiques relatives aux ondes radioélectriques et aux micro-ondes (champ électrique)

	Normes ANSI	
	(V/m)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	aucune	aucune
10 MHz - 10 GHz	193	10

	Normes soviétiques	
	(V/m)	(mW/cm^2)
60 kHz - 3 MHz	50	$6,63 \times 10^{-1}$
3 MHz - 30 MHz	20	$1,1 \times 10^{-1}$
30 MHz - 50 MHz	10	$3,0 \times 10^{-2}$
50 MHz - 300 MHz	5	$1,0 \times 10^{-2}$
300 MHz - 300 GHz		$1,0 \times 10^{-2}$

(b) Champ magnétique

Gamme de fréquences	TÉC (IBM 3277)	Téléviseur couleur (Sony)	Téléviseur noir et blanc (Motorola)
	(A/m)	(A/m)	(A/m)
1 kHz - 10 MHz	$8,96 \times 10^{-4}$	$3,59 \times 10^{-2}$	$2,73 \times 10^{-2}$
10 MHz - 100 MHz	$1,89 \times 10^{-6}$	$2,61 \times 10^{-7}$	(inférieur au bruit de fond)
	Densités de puissance équivalentes (à celle d'une onde plane)		
	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	$3,03 \times 10^{-5}$	$4,86 \times 10^{-2}$	$2,81 \times 10^{-2}$
10 MHz - 100 MHz	$1,35 \times 10^{-10}$	$2,57 \times 10^{-12}$	(inférieur au bruit de fond)

Normes américaines (ANSI) et soviétiques relatives aux ondes radioélectriques et aux micro-ondes (champ magnétique)

Gamme de fréquences	ANSI		URSS	
	(A/m)	(mW/cm^2)	(A/m)	(mW/cm^2)
1 kHz - 10 MHz	aucune	aucune	5,0	$9,43 \times 10^{2}$
10 MHz - 100 MHz	0,5	10	0,3	3,39

En Grande-Bretagne, le National Radiological Protection Board (N.R.P.B.) et la Electrical Research Association Technology Limited (E.R.A.T.L.) ont entrepris une étude des TÉC pour le compte du U.K. Health and Safety Executive. Plus de 200 types différents de TÉC ont été soumis à des essais dans des conditions normales de fonctionnement. Les mesures effectuées portent sur diverses bandes du spectre électromagnétique. Les résultats de ces mesures, rapportés par Cox[5], sont résumés aux Tableaux 3 et 4.

Tableau 3 - Résumé des mesures effectuées sur les TÉC par le N.R.P.B.

Type de radiations électromagnétiques	Quantité mesurée	Émission maximale mesurée
Rayons X	débit de dose équivalente	< 10 µrem/h*
Rayons ultraviolets	éclairement énergétique	
240 - 336 nm		0
336 - 440 nm		0,124 W/m^2
Rayons visibles	éclairement énergétique	
400 - 700 nm		2,5 W/m^2
Rayons infrarouges	éclairement énergétique	
700 - 1050 nm		0,05 W/m^2
10 µm - 3 mm		4 W/m^2
Micro-ondes et ondes radioélectriques		
18 GHZ - 300 MHz	densité de puissance à la surface	5 W/m^2
3 GHz - 10 MHz	densité de puissance à la surface	1000 W/m^2**
220 MHz - 10 kHz	intensité du champ électrique	> 300 V/m***

* Ce symbole indique que le débit d'exposition aux rayons X, s'il existe, est inférieur au seuil de détection de l'appareil employé, soit le Victoreen 440 RF/C; 10 µrem/h correspond à peu près au débit de dose équivalente dû à l'émission naturelle de fond.

** Les mesures subséquentes n'ont pas confirmé ce résultat. L'instrument utilisé était faussé par l'interférence de champs de fréquences inférieures, c'est-à-dire les champs produits par le transformateur de balayage horizontal.

*** À la surface de l'appareil.

Tableau 4 - Résumé des mesures relatives à l'émission de micro-ondes et d'ondes radioélectriques effectuées par la E.R.A.T.L.

Gamme de fréquences des micro-ondes et des ondes radioélectriques	Intensité maximale du champ électrique mesurée à la surface (V/m)
300 GHz - 30 GHz	non mesurée
30 GHz - 1 GHz	non mesurée
1 GHz - 300 MHz	0,01
300 MHz - 30 MHz	0,18
30 MHz - 10 MHz	0,12
10 MHz - 3 MHz	0,5
3 MHz - 300 kHz	16
300 kHz - 150 kHz	600
150 kHz - 10 kHz	1800

Aucune émission de rayons X dont l'intensité est supérieure à celle des radiations ionisantes de fond (environ 10 µrem/h) ne peut être détectée. Cette intensité est environ 50 fois inférieure au niveau d'émission maximal admissible de 0,5 mR/h à 5 cm pour les appareils domestiques en Grande-Bretagne. Aucun rayonnement ultraviolet d'une longueur d'onde inférieure à 336 nm n'est mesurable. Pour la gamme 336-440 nm, l'éclairement énergétique maximal produit par les rayons ultraviolets est de 124 nW/m^2, soit une quantité 100 fois inférieure au niveau permis d'exposition professionnelle continue pour cette bande. Pour la gamme des rayonnements visuels (400-700 nm), l'éclairement énergétique maximal mesuré est de 2,5 W/m^2, soit une quantité 25 fois inférieure au niveau maximal permis. Pour les rayons infrarouges (700-1050 nm), l'éclairement énergétique maximal mesuré (50 mW/m^2) est 100 fois inférieur au niveau maximal acceptable. Aucun rayon infrarouge de la gamme de longueurs d'onde entre 10 µm et 3 mm n'est détecté.

Des résultats semblables sont obtenus pour les ondes radioélectriques et les micro-ondes. Aucune micro-onde n'est mesurable et dans le pire cas, l'intensité maximale d'ondes radioélectriques décelée est de dix fois inférieure à la limite d'exposition sécuritaire appropriée.

Cox[5] souligne que les valeurs obtenues sont bien supérieures à celles auxquelles l'opérateur est exposé, puisque les mesures sont effectuées à la surface des TÉC, lorsque les commandes de luminosité et de contraste sont réglées à leur intensité maximale. En outre, les champs d'ondes radioélectriques mesurés sont très localisés et l'intensité de ces champs diminue d'au moins

1000 fois à l'endroit où l'opérateur se situe normalement. À partir de ces résultats, Cox conclut que les intensités très faibles décelées ne posent aucun danger d'irradiation à long ou à court terme pour les opérateurs.

En 1980, Terrana et coll.(6), de l'Institut d'hygiène professionnelle à l'Université de Milan, ont mesuré l'intensité des rayons X émis par 85 TÉC. Encore une fois, aucun rayonnement d'une intensité supérieure à celle de l'émission naturelle de fond n'est décelable.

En 1981, le NIOSH a publié(7) les résultats d'une étude approfondie sur les TÉC qui traitait des radiations, de l'hygiène industrielle, des problèmes de santé et d'ergonomie. L'étude, portant sur les bureaux de deux journaux et ceux d'une compagnie d'assurance, a été commandée par trois syndicats. Les radiations ionisantes (rayons X) et non ionisantes (rayons ultraviolets, visibles et infrarouges) issues d'un échantillon comprenant au moins 25% des TÉC employés à chaque établissement furent mesurées. Au total, 136 TÉC ont été testés. Les résultats des mesures effectuées par le NIOSH et la comparaison de ces résultats sont présentés aux Tableaux 5 et 6 respectivement.

Pour résumer ces résultats, les auteurs du rapport du NIOSH ont déclaré ce qui suit: "Les enquêtes sur les radiations démontrent que l'exposition aux rayons X, aux ondes radioélectriques et aux rayons ultraviolets et visibles est inférieure aux normes actuelles d'exposition professionnelle et que, dans bien des cas, le débit est inférieur au seuil de détection des instruments de mesure". De plus étant donné que les appareils soumis à des essais n'émettent pas ou peu de radiation, le NIOSH conclut que l'exécution systématique de tests sur les TÉC n'était pas justifiée.

En 1981, le U.S. Bureau of Radiological Health (B.R.H.) a publié un rapport(8) imposant, sur une étude entreprise en vue de mesurer l'intensité des rayonnements émis par les TÉC. Ce rapport présente en détail les résultats des mesures de l'intensité des rayons X émis par 125 TÉC et des radiations non ionisantes (radiations électromagnétiques et ultrasons) issues de 34 de ces appareils. Ces mesures furent effectuées en laboratoire sous des conditions bien contrôlées. L'étude comporte une analyse très poussée des sources éventuelles de radiation, lorsque l'appareil fonctionne normalement et lorsqu'il est en panne.

Les épreuves sur les TÉC en vue de déceler des rayons X ont été effectuées dans des conditions identiques (phase III) à celles qui sont énoncées dans la norme fédérale américaine sur le fonctionnement des récepteurs de télévision. C'est-à-dire plus spécifiquement que chaque appareil a été testé sous des tensions alternatives du secteur réglées jusqu'à 130 V(c.a.), les commandes externes et internes étant réglées au besoin en correspondance avec l'état du composant le plus faible ou celui du défaut de circuit afin de maximiser l'émission de rayons X. Les

Tableau 5 - Sommaire des mesures de radiation effectuées par le NIOSH en 1980

Fabricant	Nombre du modèle	Nombre d'appareils testés	Rayons X (mR/h)	Rayons ultraviolets ($\mu W/cm^2$)	Lumière visible (fL)*	Ondes radioélectriques	
						Champ électrique (V^2/m^2)	Champ magnétique (A^2/m^2)
Harris	2200	3	ND**	ND	3	ND	ND
IBM	3278	3	ND	,06-,13	2-4	ND	ND
Ontel	OP-1	4	ND	ND-,6	9-25	ND	ND
	OP-1/16	6	ND	ND-,3	5-40	ND	ND
	OP-1/S11	2	ND	,3-,4	20	ND	ND
Delta Data	5000	5	ND	ND	2-5	ND	ND
IBM	3278	3	ND	ND	2	ND	ND
Systems Integrated	ET960	20	ND	ND	4-18	ND	ND
Ontel	OP-1/16	5	ND	ND-0.1	2-30	ND	ND
	OP-1/64	1	ND	0,65	30	ND	ND
	OP-1/S11	8	ND	ND-0.1	3-20	ND	ND
Courier	TC30C1	37	ND	ND	1-5	ND	ND
Courier	110071-001	8	ND	ND	2-4	ND	ND
Courier	110117-001	4	ND	ND	1-2	ND	ND
Courier	110127-001	1	ND	ND	1	ND	ND
Courier	11270	17	ND	ND-0.10	1-6	ND	ND
Tous les modèles		136	ND	ND-0,65	2-40	ND	ND

* 1 fL = 0,29 candela/m^2

** ND = non décelable

Tableau 6 - Comparaison des résultats de l'étude effectuée par le NIOSH en 1980 aux normes américaines reconnues

Genre de radiation	Quantité maximale	Norme d'exposition professionnelle
Rayons X	ND*	2,5 mR/h
Ultraviolet (proche)	0,65 $\mu W/cm^2$	1 000 mW/cm^2
Visible	40 fL	2 920 fL
Ondes radioélectriques:		
- Champ électrique	ND*	40 000 V^2/m^2**
- Champ magnétique	ND*	0,25 A^2/m^2**

* ND = non décelable

** Équivalent d'un champ lointain de 10 mW/cm^2

essais de conformité de la phase III sont effectués dans des conditions de dégradation qui permettent tout de même la persistance d'éléments d'information sur l'écran. Dans le cas des TÉC cités dans le présent rapport, l'écran était rempli de caractères. Les appareils soumis à l'essai provenait des stocks du fabricant.

Pour déceler les rayonnements ionisants, toutes les surfaces du TÉC sont balayées à l'aide d'un tube compteur Geiger-Muller (GM) pour déterminer l'émission de rayons X par l'appareil. Les rayons X décelables sont mesurés à l'aide d'un débitmètre à chambre d'ionisation placé à 5 cm de la surface de l'appareil. L'instrument employé pour effectuer cette mesure, le Victoreen 440 RF/C, établit la moyenne des émissions de rayons X sur une surface de 10 cm^2.

Dans chaque cas, le circuit de haute tension du TÉC fut aussi analysé. La haute tension d'un tube cathodique est de première importance, car elle détermine l'énergie des rayons X et, par conséquent, des émissions peuvent s'échapper de l'enveloppe de verre du tube. Certains des modèles éprouvés renferment un circuit de régulation pour empêcher l'élévation de la haute tension appliquée au tube cathodique. Dans la plupart des cas, on peut maximiser la haute tension en débranchant le régulateur (tension de sortie constante) soit au niveau du bloc d'alimentation basse tension ou au niveau même du bloc d'alimentation haute tension. Dans tous les cas, on obtient la haute tension maximale en simulant une panne. En plus, le courant de faisceau du tube cathodique est porté à son intensité maximale, au besoin, en réglant les commandes de luminosité et de contraste et les commandes du limiteur de faisceau pour que l'appareil émette le plus de rayons X possible.

Trente-quatre TÉC ont été analysés de la façon décrite ci-dessus. Aucun de ces appareils n'émet de rayons X dont la dose est supérieure à 0,5 mR/h à 5 cm de la surface. Trente-trois de ces appareils n'ont aucune émission décelable, tandis qu'un seul montre une lecture de 0,42 mR/h à 5 cm de la surface de l'écran.

De plus, on a intégré et analysé de nouveau les données de lectures d'émissions de rayons X des 91 TÉC testés antérieurement qui furent regroupées et analysées de nouveau avec les précédentes afin de pouvoir étudier à fond les caractéristiques des radiations ionisantes provenant des TÉC monochromes et couleur. Des 91 TÉC analysés antérieurement dans les conditions de la phase III, entre 1975 et 1978, huit appareils représentant trois modèles émettaient des rayons X dont l'intensité était supérieure à la limite. Certains appareils ont été rappelés par le fabricant pour être modifiés afin d'être conformes à la norme; d'autres fabricants n'ont pas été autorisés à mettre ces appareils sur le marché américain. Un modèle émettait des rayons X pour quelques minutes seulement avant qu'il ne tombe complètement en panne à cause des surtensions imposées à ces composants. Le fabricant du modèle en question a été avisé de l'évaluation du Bureau et a cessé la production de ce modèle. Il semble n'exister qu'une très faible corrélation entre la haute tension de fonctionnement et la présence ou l'absence de rayonnements X. Toutefois, l'élévation de la haute tension en condition de panne pour la plupart des appareils émettant des rayons X, est supérieure à la moyenne. Précisément, la moitié des TÉC émettant des rayons X étaient du type monochrome et l'autre moitié du type couleur. Aucun des modèles émettant des niveaux décelables de radiation ne se trouve sur le marché canadien.

Les auteurs résument leurs constatations comme suit:

"En général, les niveaux des rayonnements issus des terminaux testés, lorsque l'appareil fonctionne normalement ou bien sous les plus mauvaises conditions possible, se situent sous les limites énoncées dans les normes et lignes de conduite en vigueur à l'égard de chaque type de rayonnement. Quelques-uns des appareils testés émettaient des rayonnements dont l'intensité était supérieure à celle autorisée dans la norme relative aux récepteurs de télévision. Ces modèles ont été corrigés ou retirés du marché. Ainsi, les terminaux à écran cathodique ne devraient poser aucun danger d'irradiation pour les opérateurs de ces appareils."

Un résumé des résultats est présenté aux Tableaux 7 et 8.

Tableau 7(a) - Résultats obtenus par le B.R.H. à partir des mesures de l'émission de rayons X et comparaison de ces mesures à celles qui sont prescrites dans les normes américaines

Nombre de modèles		Émission maximale (mR/h @ 5 cm)	Niveau d'exposition ou d'émission autorisée par la norme américaine (mR/h)
Testés	Non conformes		
125	8	2,0	2,5 (exposition professionnelle) 0,5 (émission à 5 cm)

Aucun de ces modèles non conformes ne se retrouve sur le marché. Deux autres modèles possédaient des niveaux décelables dont l'intensité était inférieure au niveau maximal d'émission de 0,5 mR/h.

Tableau 7(b) - Liste des appareils émettant des niveaux décelables de rayons X à 5 cm de l'écran

Fabricant	Modèle	Date du test	Haute tension lors de la défaillance (kV)	Intensité de courant lors de la défaillance (mA)	Intensité d'émission
Ball Brothers	TU-8C,N&B	21 JUIN 1978	22,0	200	0,72
Ball Brothers	THC17C,N&B	09 OCTOBRE 1975	23,4	200	0,4 *
Ball Brothers	TU-8C,N&B	30 JUIN 1978	22,1	210	0,96
Ball Brothers	TU-8C,N&B	07 JUILLET 1978	23,7	160	0,66
Conrac	5512/C12,COUL.	13 AOÛT 1975	29,5	720	1,6
Conrac	5522/C12,COUL.	12 AOÛT 1975	32,9	200	0,65
Conrac	5522/C12,COUL.	12 AOÛT 1975	30,5	400	1,15
Elston	DN20-12A0,N&B	26 SEPTEMBRE 1979	25,5	300	0,42*
Ikegami	TM10,COUL.	15 JUIN 1976	30,0	660	2,0
Ikegami	TM10,COUL.	12 JUILLET 1976	30,3	590	1,2

* N'est pas supérieure à l'intensité maximale prescrite par la norme fédérale américaine
N&B signifie écran noir et blanc (monochrome), COUL. signifie écran couleur.

Tableau 8 - Mesures des rayonnements non ionisants obtenues par le B.R.H. et comparaison aux limites prescrites sous les normes américaines ou aux niveaux limites recommandés

Type d'émission	Niveau maximal mesuré	Limite de la norme la plus élevée ou niveau maximal prescrit
Ondes radioélectriques intensité du champ électrique (15-125 kHz)	64 V/m	aucune norme
Ondes radioélectriques intensité du champ magnétique (15-125 kHz)	0,69 A/m	aucune norme
Ultrasons	68 dB à 40 kHz	75 dB
Ultraviolet proche	5×10^{-6} W/cm^{2}sr	1×10^{-3} W/cm^{2}sr
Luminance énergétique visible et infrarouge	$<1 \times 10^{-3}$ W/cm^{2}sr	2×10^{-2} W/cm^{2}sr

4.2 Au Canada

Lors de la rédaction du présent rapport, les auteurs disposaient non seulement des données provenant des enquêtes et des essais effectués par le Bureau de la radioprotection en milieu d'utilisation et dans son laboratoire à faible émission de fond, mais aussi des données et des résultats d'enquêtes menées par plusieurs autres établissements canadiens des secteurs public et privé. Presque toutes les études traitent de l'émission possible de rayons X par les TÉC. Certaines portent sur d'autres genres de rayonnements susceptibles d'être émis par ces appareils et plusieurs examinent les risques possibles pour la santé liés à l'emploi des TÉC.

Les résultats des mesures de l'émission des rayons X sont présentés au Tableau 9.

L'enquête effectuée par Bell Canada est la seule qui présente de façon soutenue des niveaux de fuite de rayons X différents de zéro. Les résultats de cette enquête n'ont été confirmés par aucun autre groupe. Plusieurs appareils qui étaient censés émettre des rayons X d'intensité maximale ont été soumis à de nouveaux essais par le Bureau de la radioprotection au lieu même d'utilisation et dans son laboratoire à faible intensité d'émission naturelle de fond. Aucun de ces appareils n'émettait de rayonnements décelables.

On n'observe aucune corrélation entre le réglage du TÉC (luminosité, contraste, remplissage de l'écran) et les lectures des dosimètres, quelle que soit l'enquête.

Table 9 - Summary of Data on X-Ray Emission from VDTs Canadian Institutions Excluding the R.P.B.

Institution	Test Equipment	No. of Units	VDT Setting	Minimum Distance	X-Ray Levels Detected
Bell Canada	Victoreen 440 Victoreen 440 RF/C	925	Full screen, maximum brightness	Not stated*	0.00 to 0.23** mR/h
University of Western Ontario	Victoreen 444	35	Normal operation and full screen maximum contrast and brightness	Less than 5 cm	Not distinguishable from background
Ontario Hydro	TLD	18	Not stated	Detector in contact with screen	Max. 0.01 mR/h above background
	Not stated	1	"Crash test"	Not stated*	Less than 0.316 mR/h
Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation	Victoreen Thyac III G.M. Survey Meter	50	Not stated	1 cm	Not distinguishable from background
Alberta Workers' Health Safety and Compensation	Berthold LB 1200 G.M. Instrument	130	Not stated	Detector face in contact with screen	Not distinguishable from background
Saskatchewan Labour	Victoreen 444	>250	Full screen, maximum brightness	Not stated*	Not distinguishable from background
Ministère des affaires sociales, Québec	TLD	2	Maximum brightness	Detector in contact with screen	Not distinguishable from background
Ontario Ministry of Labour	Victoreen 440 RF/C Thyac 3	>350	Full screen, maximum brightness	Typically 5 cm	<0.05 mR/h
British Columbia Ministry of Health	Victoreen 440 RF Dental film	>200	Full screen, maximum brightness	Detector in contact with screen	<0.1 mR/h
Nova Scotia Dept. of Health	Berthold *** LB 1200/LB 6513	58	Normal operation	5 cm	<0.025 mR/h
New Brunswick Dept. of Health	Eberline E-140/HP260	32	Full screen, maximum brightness	Detector in contact with screen	Not distinguishable from background

* The regulatory leakage exposure rate measurements are normally taken at 5 cm from the screen.

** A jump of about 0.1 mR/h coinciding with the change from 440 to 440 RF/C meter can be observed in the tables of results; the background varies by a factor of 2 to 4 with time and location of the site.

*** Not RF shielded.

Deux provinces indiquent avoir vérifié l'émission de rayonnements non ionisants pour les bandes d'ondes radioélectriques et de micro-ondes. Le Ministère de la santé, sécurité et compensation des travailleurs de l'Alberta a vérifié 130 TÉC (51 modèles différents provenant de 28 fournisseurs). Les mesures ont été effectuées dans la gamme des fréquences comprises entre 0,9-10 GHz, pour laquelle le niveau minimal décelable est de 0,01 mW/cm^2. Aucun des 130 TÉC testés n'émettaient de rayonnements décelables. Le ministère du Travail de la Saskatchewan a analysé 10 TÉC (quatre modèles) pour la gamme des fréquences comprises entre 10 kHz - 220 MHz. L'intensité la plus forte du champ électrique, soit 250 V/m, a été détectée à 10 cm de la surface latérale d'un appareil. L'intensité la plus forte à 10 cm de l'écran est de 7 V/m. Pour la plupart des terminaux, l'intensité du champ est de 2 V/m à 10 cm de la surface externe, quel que soit l'endroit.

5. Responsabilités du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social

5.1 Hygiène et sécurité au travail

Le Bureau de la radioprotection est chargé de promouvoir et de faciliter l'utilisation sécuritaire par des employés du gouvernement fédéral de dispositifs émettant des rayonnements. Cela comprend tous les fonctionnaires fédéraux et tous les employés d'organismes qui sont soumis au Code canadien du travail. Tout dispositif qui émet ou qui peut émettre des rayonnements électromagnétiques doit être conforme aux normes d'installation et d'utilisation admissibles et recommandées par le Bureau de la radioprotection. Pour veiller à ce que ces normes soient respectées, le Bureau effectue systématiquement des contrôles d'émissions électromagnétiques provenant des appareils utilisés dans les établissements sous la juridiction fédérale.

Le pouvoir de réglementation pour ces activités est stipulé dans les Règlements du Canada sur les substances dangereuses, promulgués en vertu de la Partie IV du Code canadien du travail, et des Normes de sécurité sur les substances dangereuses dans la Fonction publique du Canada, émises par le Conseil du Trésor.

5.2 Règlements sur les dispositifs émettant des radiations relatifs aux terminaux à écran cathodique

La Loi sur les dispositifs émettant des radiations, adoptée par le gouvernement fédéral en 1970, régit la sécurité des dispositifs émettant des radiations vendus au Canada. Cette loi s'applique à tous les dispositifs qui peuvent émettre un rayonnement électromagnétique dont les fréquences sont supérieures à 10 MHz ou des ultrasons dont les fréquences excèdent 10 kHz.

Un aspect important de la loi est qu'elle accorde les pouvoirs nécessaires pour promulguer des règlements relatifs à la conception, à la construction et au fonctionnement des dispositifs et de leurs éléments "en vue de protéger les personnes contre des blessures corporelles, une

altération de la santé ou la mort à la suite de radiations". Selon la loi, nul ne peut importer ou vendre, au Canada, un dispositif émettant des radiations d'une classe pour laquelle des normes ont été prescrites à moins que le dispositifs et ses éléments ne répondent aux normes qui lui sont applicables. Il incombe au fabricant ou au distributeur de veiller à ce que le dispositif soit conforme aux exigences stipulées dans les règlements.

Les règlements relatifs aux récepteurs de télévision, aux moniteurs vidéo et aux systèmes à écran cathodique sont en vigueur depuis 1972. Ces règlements comprennent les limites relatives à l'émission maximale de radiations de même que les exigences particulières concernant l'étiquetage dans le but d'identifier le fabricant du produit.

Les opérateurs de terminal à écran cathodique ne sont pas classifiés comme étant des travailleurs dans le domaine des radiations. Par conséquent les doses de rayons X maximales admissibles émises par les TÉC correspondent aux doses permises pour les récepteurs de télévision au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, etc., c'est-à-dire à 0,5 mR/h. Sous ces conditions, une personne qui regarde un écran quarante heures par semaine, cinquante semaines par année (soit 2000 heures par an), qu'il s'agisse d'un téléviseur ou d'un TÉC, est exposée à une dose de rayons X bien inférieure, en équivalent de dose globale pour tout le corps, à la limite de 500 mrem/an applicable à la population en générale.

Dans le cas d'un appareil qui émet la quantité maximale permise de rayons X, l'exposition totale serait de 1R à 5 cm de l'écran pour une période de travail annuel de 2000 heures. En général, l'opérateur se place à environ 40 cm de l'écran du terminal. Puisque cette distance est comparable aux dimensions de la source de rayonnement (écran) et que la distribution angulaire de l'intensité sera fortement axée dans la direction de l'opérateur à cause de l'absorption dans l'écran, l'intensité du rayonnement diminuera beaucoup moins vite que proportionnellement au carré de la distance. On fait preuve de prudence en estimant qu'à 40 cm l'intensité est un peu inférieure à la moitié de sa valeur à 5 cm.

Cette exposition aux rayons X sera limitée à une petite partie du corps. La dose émise par les rayons X mous diminuant très rapidement avec la profondeur, les tissus et les organes se trouvant à plus de quelques centimètres seront en pratique complètement protégés par le tissu qui les recouvre. C'est pourquoi l'équivalent réel de dose globale sera de quelques mrem par année.

L'équivalent moyen de dose globale attribuable au rayonnement ionisant de sources ambiantes et de sources internes varie de 100 mrem/an à environ 250 mrem/an en Amérique du Nord.

L'équivalent de dose globale qui pourrait résulter d'une exposition à des rayons X issus d'un téléviseur ou d'un TÉC à peine acceptable est alors beaucoup moindre que les variations naturelles des émissions ambiantes auxquelles chacun de nous est exposé. Il faut pourtant souligner qu'en pratique, les rayonnements émis par les téléviseurs et les terminaux vendus sur le marché sont trop faibles pour être mesurés.

C'est au Bureau de la radioprotection qu'il incombe de faire respecter les Règlements. Le Bureau effectue des contrôles complets par échantillonnage et l'essai d'appareils aux points d'importation ou de distribution, l'essai d'appareils en laboratoire et l'évaluation des fiches techniques.

6. Études des TÉC effectuées par le Bureau de la radioprotection

6.1 Introduction

Dès le début des années 1970, le Bureau de la radioprotection a étudié la possibilité que les appareils dotés d'un tube à rayons cathodiques pour l'affichage d'information (c'est-à-dire, téléviseurs, oscilloscopes, écrans radar et terminaux à écran cathodique) émettent des rayons X. Plusieurs essais ont été effectués au cours d'étapes préparatoires en vue de la promulgation des règlements sur les dispositifs émettant des radiations en ce qui concerne les récepteurs de télévision (ces règlements s'appliquent également aux moniteurs vidéo et aux terminaux). Après la promulgation des règlements le 1er juin 1972, les terminaux à écran cathodique ont été vérifiés régulièrement comme on le décrit dans les Annexes I et II. On trouvera dans les Tableaux 10, 11 et 12 un résumé des résultats de ces tests. Tous les modèles qui ont fait l'objet de contrôles avant le 1er juin 1982 sont énumérés dans les Annexes III et IV.

6.2 Tableau 10 - Résumé des mesures d'émissions de rayons X

Type de test	Nombre de modèles	Nombre d'appareils	Émission maximale (mR/h)	Distance (cm)	Note
Réglementaire	122	227	non décelable	5	Annexe I.A, III
Irradiation naturelle faible	49	52	non décelable	10	Annexe I.B, IV

Les mesures réglementaires ont été effectuées au moyen d'un appareil Victoreen 440 RF/C qui peut mesurer des intensités de rayonnements inférieures à 0,1 mR/h, alors que les mesures en milieu d'irradiation naturelle faible ont été effectuées dans l'anthroporadiomètre au moyen d'instruments pouvant déceler des rayons X d'énergie allant jusqu'à un millionième de un milli-röntgen par heure (voir l'Annexe I partie B).

6.3 Mesures des rayons non ionisants

Les émissions d'ondes radioélectriques ont été mesurées sur la bande de fréquence de 10 kHz à 220 MHz avec un gain capable de détecter une intensité de 1 V/m. Au total 86 terminaux à écran cathodique (57 modèles différents provenant de 25 fournisseurs) ont été testés. Les résultats sont résumés au Tableau 11 et on trouvera de plus amples informations à l'Annexe II.

Les émissions de fréquences extrêmement basses (FEB) ont été évaluées sur la gamme de fréquences comprises entre 5 et 500 Hz avec un gain capable de détecter une intensité d'environ 0,001 à 0,01 A/m (selon la fréquence). Le Tableau 12 présente les résultats de trois TÉC, et de quelques appareils électriques ordinaires ainsi que les conditions de test.

Tableau 11 - Ondes radioélectriques émises par des terminaux à écran cathodique

Intensités de champ	Exposition de l'opérateur(1) (Nombre de modèles)	Intensité au clavier(2) (Nombre de modèles)	Intensité maximale localisée(2) (Nombre de modèles)
Moins de 1 V/m	37	33	5
1 - 5 V/m	20	20	5
5 - 10 V/m	-	4	1
10 - 60 V/m	-	-	21
60 - 200 V/m	-	-	10
Plus de 200 V/m	-	-	15

1. Mesurée à 30 cm de l'écran.

2. Mesurée aussi près que possible de la surface.

Tableau 12 - Émissions FEB (intensité du champ magnétique) provenant des TÉC et autres dispositifs

Description	Intensité de champ (A/m)
Laboratoire, tubes fluorescents	0,188
Bureau, tubes fluorescents	0,064
Habitation, cuisine, tubes fluorescents	0,103
Habitation, cuisine, éclairage éteint	0,088
TÉC, Sony CUM 115, 30 cm de l'écran	0,213
TÉC, H-P 2640B, 30 cm de l'écran	0,097
TÉC, Perkin Elmer 500, 30 cm de l'écran	0,217
Machine à écrire IBM, clavier, modèle 72	0,127
Machine à écrire IBM, arrière, modèle 72	1,64
Plinthe chauffante	3,965
Séchoir à cheveux, GE-CD100A	0,236
Mixette, GE-M7A	9,295

RÉSUMÉ

Les émissions provenant des TÉC sont ou bien inexistantes ou bien tellement faibles qu'aucune norme au monde ne peut qualifier ces émissions de dangereuses.

Voici les points saillants du présent document.

1. Un grand nombre d'études scientifiques respectables sur les radiations émises par les TÉC ont été effectuées dans le monde entier. Ensemble, ces études ont porté sur presque toutes les marques et tous les modèles de TÉC et comprennent des mesures d'intensité de rayons X, de micro-ondes, d'ondes radioélectriques, de FEB, de rayons ultraviolets, infrarouges et visibles.

2. Les TÉC ne sont dotés d'aucun élément qui peut émettre des micro-ondes; d'ailleurs on n'en a jamais détecté.

3. Certaines ondes radioélectriques de basse fréquence (jusqu'à 150 kilohertz) ont été détectées non loin de la surface de certains TÉC. Toutefois, les intensités décroissent tellement rapidement avec la distance qu'à la position de l'opérateur, elles sont ou bien non décelables, ou bien beaucoup plus faibles que la dose permise par la norme la plus restrictive au monde.

4. Le corps humain est très réfléchissant pour les ondes radioélectriques de fréquences inférieures à 200 kilohertz. Seule une quantité minime de radiation est absorbée par celui-ci.

5. Les mesures de rayons X émis par des TÉC démontrent de façon constante qu'aucune intensité n'est décelable au-delà des intensités d'émission naturelle de fond.

6. Le Bureau de la radioprotection a effectué des mesures de rayons X émis par plus de 250 TÉC comprenant 150 modèles. Aucun rayon X issu de ces appareils n'a été détecté au-delà de l'intensité d'émission naturelle de fond.

7. Pour évaluer la validité des allégations selon lesquelles des TÉC pourraient émettre des rayons X à une intensité inférieure à l'intensité naturelle de fond, 48 modèles d'appareils ont été étudiés au laboratoire de comptage de faibles intensités du Bureau de la radioprotection. Ce laboratoire permet de détecter des rayons X de faible énergie dont l'intensité est 500 000 fois plus faible que la norme obligatoire pour les TÉC (0,5 mR/h). Aucun rayon X n'a été détecté.

8. Un TÉC produit de la lumière visible nécessaire à son fonctionnement. Toutefois, la quantité produite est très faible, environ 200 fois inférieure à l'intensité de lumière à l'extérieur par une journée nuageuse et environ 100 fois plus faible que les limites d'exposition en milieu de travail.

9. Les rayons ultraviolets et infrarouges sont ou bien non décelables, ou bien 10 000 fois inférieurs aux limites d'exposition en milieu de travail.

10. Les ondes de fréquence extrêmement basse (FEB) ont une intensité très faible, comparable aux intensités émises par d'autres dispositifs électriques et électroniques ordinaires.

Aucune personne, homme ou femme, jeune ou vieille, enceinte ou non, n'a de raison de s'inquiéter des effets que peuvent avoir sur la santé les radiations émises par les TÉC.

TECHNIQUE DE MESURE DES RAYONS X

A. Épreuves de conformité aux règlements

Les terminaux à écran cathodique sont classés comme des récepteurs de télévision et sont assujettis aux mêmes règlements de la Loi sur les dispositifs émettant des radiations. Ces règlements s'appliquent au lieu d'importation ou de fabrication et stipulent des normes de conception, de construction et de fonctionnement de ces appareils. Les rayons X émis ne doivent pas excéder 0,5 mR/h à 5 cm de toute surface accessible, même dans le cas d'une panne ou de défectuosité d'un ou de plusieurs éléments de l'appareil.

La Section des rayons X du Bureau de la radioprotection administre un programme de vérification de conformité aux normes qui comprend des enquêtes sur place, des épreuves en laboratoire et une étude des rapports techniques fournis par le fabricant.

Les enquêtes sur le terrain sont effectuées dans les locaux des utilisateurs, des fabricants, des importateurs et des vendeurs de terminaux à écran cathodique (TÉC). Le radiomètre utilisé pour mesurer les émissions de rayons X est un appareil Victoreen 440 RF/C protégé contre les champs d'ondes radioélectriques parasites (hautes fréquences). Il s'agit d'une chambre à ionisation conçue pour détecter les rayons X aux niveaux d'énergie pouvant provenir des TÉC. Le terminal à écran cathodique fonctionne à la tension normale de 110-120 V(c.a.) et les éléments électroniques critiques ne peuvent être défectueux ou tomber en panne de par leur construction même. Les mesures sont effectuées lorsque l'écran est couvert de caractères. Les commandes sont d'abord réglées pour obtenir une luminosité et un contraste normaux, puis ajustées pour que la luminosité et le contraste soient à leur maximum. Cette façon de procéder couvre d'abord la probabilité d'émission de rayons X maximale puis celle qui prévaut sous les conditions de fonctionnement normal.

Pour les épreuves en laboratoire, le Bureau de la radioprotection demande au fabricant de lui faire parvenir un échantillon représentatif. Ici encore, l'appareil de mesure utilisé est le Victoreen 440 RF/C. La tension est réglée à un maximum de 127 V(c.a.) et les commandes de l'opérateur ainsi que les commandes d'entretien sont réglées de façon à produire une tension et un courant du tube cathodique pour maximiser l'émission de rayons X. De plus, les éléments électroniques qui peuvent modifier celle-ci sont altérés de façon à en augmenter la probabilité. Une fois déréglé, le TÉC doit afficher une image utile qui occupe au moins 60% de l'écran, ce qui constitue une limite à ce mode d'épreuve.

Les fabricants canadiens de TÉC doivent fournir au Bureau de la radioprotection les rapports techniques de leurs produits.

Ces rapports doivent contenir des renseignements détaillés sur la conception et la construction du TÉC ainsi que sur le blindage et la conception de circuits spéciaux utilisés pour réduire la possibilité d'irradiation. Le fabricant y indique les méthodes de contrôle de qualité, les méthodes d'échantillonnage et les correctifs apportés aux produits qui ne répondent pas aux normes. Le rapport comprend également une description des épreuves sur les radiations effectuées par le fabricant, les instruments de contrôle utilisés, la fréquence et les méthodes d'étalonnage ainsi que les résultats des épreuves. Si ce rapport s'avérait incomplet ou soulevait des doutes quant à la conformité aux règlements, on pourrait alors demander au fabricant d'envoyer un échantillon représentatif au Bureau de la radioprotection pour qu'il soit testé.

B. Utilisation de l'anthroporadiomètre du Bureau de la radioprotection pour mesurer les faibles émissions de radiations des terminaux à écran cathodique

L'anthroporadiomètre du Bureau de la radioprotection est conçu pour mesurer de très petites doses de radioactivité dans le corps humain. Les détecteurs de radiation sont logés dans une chambre suffisamment grande pour contenir une personne; l'épaisseur des murs (20 cm (8") d'acier et 0,6 cm (1/4") de plomb) est suffisante pour réduire le rayonnement naturel par un facteur d'environ 1000, lorsque l'on considère tout le spectre. On trouvera une description détaillée de l'installation dans l'IAEA Directory of Whole Body Monitors[9].

L'installation est surtout utilisée pour l'étude de la santé professionnelle, par exemple pour la mesure de très petites quantités d'uranium, d'iode radioactif et de thorium absorbés par certaines personnes travaillant en milieux industriel, universitaire et hospitalier. Cette installation a été utilisée dans le cadre d'une étude internationale d'inter-étalonnage pour mesurer la quantité de plutonium dans les poumons, et elle sert de centre de référence national pour l'étalonnage d'autres anthroporadiomètre utilisés au Canada.

Les rayons de faible énergie émis par les produits radioactifs étudiés à l'aide de cet appareil, par exemple, l'iode-125 et l'uranium naturel, se trouvent dans la même gamme d'énergie que les rayons qui pourraient être produits, en théorie, par un terminal à écran cathodique, c'est-à-dire de 10 keV à 25 keV environ.

Les détecteurs utilisés dans cet appareil sont extrêmement sensibles, c'est-à-dire de quelques ordres de grandeur plus sensible que le tube GM (Geiger-Mueller) ou la chambre d'ionisation qui sont les éléments de détection de la plupart des instruments.

La très grande sensibilité, combinée à l'épais blindage, signifie que des quantités de radioactivité extrêmement faibles peuvent être détectées. Les champs de radiation associés à ces petites doses sont également très faibles. Par exemple, l'appareil peut détecter environ 100 pCi (100 picocuries = 3,7 becquerels) d'américium-241 (^{241}Am), un isotope qui émet des rayons X à un niveau d'énergie de 17 keV. L'étalonnage pour les épreuves de TÉC est effectué à l'aide d'une source de ^{241}Am garantie à ±5%. Le champ de rayonnement associé à 100 pCi de ^{241}Am lorsque l'on ne considère que l'émission de 17 keV, est inférieur à 10^{-9} R/h. Le champ de radiation naturelle normal, auquel nous sommes tous exposés, résulte principalement des rayons cosmiques et de la radioactivité naturelle du sol et des roches. La dimension de ce champ de radiation varie énormément selon l'endroit et l'altitude, mais des études poussées ont démontré qu'en moyenne les rayons cosmiques fournissent 28 mrad/année environ et la radioactivité terrestre environ 44 mrad/année[10]. La somme de ces débits de dose d'irradiation équivaut à environ 8×10^{-6} R/h.

Ainsi en utilisant l'anthroporadiomètre pour mesurer les rayons émis par le TÉC, on pourrait déceler des débits de dose d'irradiation de l'ordre de 1/1000 du débit de radioactivité naturelle.

Les mesures effectuées jusqu'à maintenant sur plus de 50 appareils différents n'ont montré aucune différence, que l'appareil fonctionne et que l'écran soit couvert de caractères, ou qu'il soit éteint.

ONDES RADIOÉLECTRIQUES ET RADIATIONS DE FRÉQUENCE EXTRÊMEMENT BASSE ÉMISES PAR DES TÉC

Les ondes radioélectriques occupent la partie du spectre électromagnétique dans la région des rayons non ionisants dont les fréquences sont comprises entre 10 kHz et 300 MHz environ. Les micro-ondes occupent la bande de fréquences entre 300 MHz et 300 GHz. Les FEB sont définies ordinairement comme inférieures à 500 Hz (Figure 1).

Dans le cas du TÉC, les ondes radioélectriques proviennent du système de balayage horizontal du faisceau d'électrons et du circuit à haute tension correspondant (appelé transformateur de balayage horizontal). Une investigation menée par le Bureau of Radiological Health[3] montre que les hautes fréquences émises par le TÉC comprennent la fréquence fondamentale du système de balayage, ordinairement comprises entre 15 et 25 kHz, et les fréquences jusqu'à 6 harmoniques d'intensité significative, c'est-à-dire celles pouvant aller jusqu'à 6 x 25 kHz = 150 kHz.

Le Bureau de la radioprotection a entrepris une étude pour mesurer l'intensité des ondes radioélectriques autour des divers modèles de TÉC. Les seules ondes émises ont des fréquences allant de 15 à 150 kHz. L'analyse porte sur un total de 86 appareils (57 modèles différents fabriqués par 25 entreprises). Pour tous les appareils, l'intensité du champ des ondes radioélectriques au niveau de l'opérateur (à 30 cm de l'écran) est inférieure à 5 V/m (une densité de puissance équivalente d'environ 7 $\mu W/cm^2$). En fait, le champ est égal ou supérieur à 1 V/m dans 24% des cas (21 appareils) seulement. De même, le champ est supérieur à 1 V/m au niveau du clavier dans le cas de 30 appareils (35%). L'intensité maximale des ondes radioélectriques au niveau du clavier est de 7 V/m pour 2 appareils et entre 5 et 7 V/m dans le cas de 14 appareils seulement.

Un total de 30 appareils (35%) ont des champs d'ondes radioélectriques localisés d'intensité supérieure à 60 V/m (densité de puissance équivalente de 1 mW/cm^2). Ces champs ont été repérés à divers endroits de la surface du terminal, dans certains cas sur l'écran, dans d'autres sur le dessus de l'appareil et sur les côtés. Dans chaque cas, l'intensité de ces champs diminue rapidement en fonction de l'éloignement de la surface.

Nous avons constaté également que les champs d'ondes radioélectriques de l'ordre du kilohertz et d'une intensité supérieure à 60 V/m interfèrent avec certains modèles d'appareils de mesure d'ondes radioélectriques et de micro-ondes fonctionnant à une fréquence supérieure à 10 MHz. Lorsqu'il y a interférence l'aiguille de l'appareil de mesure sort de l'échelle, en particulier lorsque l'appareil est proche du circuit électronique qui émet les ondes à basse fréquence (kilohertz). Les fabricants des appareils de mesure reconnaissent ce problème d'interférence.

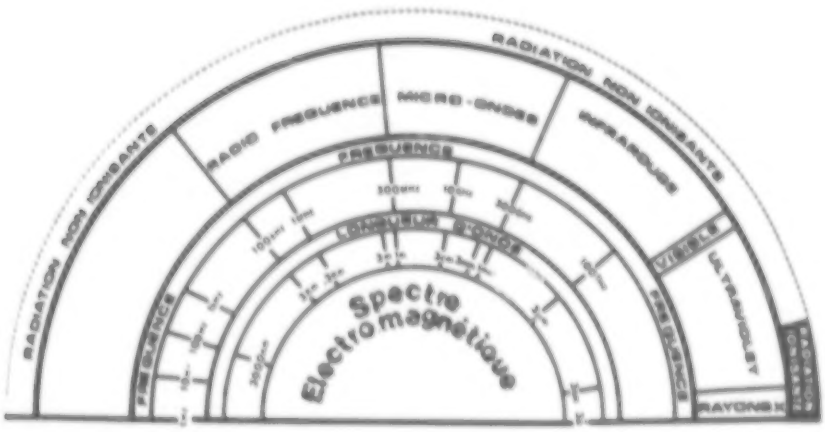

Figure 1. Spectre électromagnétique

Les limites d'exposition recommandées par le Fédéral ne couvrent pas les fréquences inférieures à 10 MHz. Pour le grand public, la limite est de 60 V/m pour les fréquences supérieures à 10 MHz (densité de puissance équivalente de 1 mW/cm^2). Les émissions de radiation par le terminal à écran cathodique pour les fréquences excédant 10 MHz sont à peine décelables, puisque le terminal ne comprend pas de source de radiation pour ces fréquences.

Il est bien reconnu que le corps humain absorbe moins d'ondes radioélectriques lorsque leur fréquence est inférieure à 10 MHz. Donc, si l'on applique la limite sécuritaire d'exposition (60 V/m) pour les ondes de 10 MHz aux fréquences de la bande des kilohertz, il est clair qu'on ajoute un facteur de sécurité plus important que nécessaire. Le taux maximal d'exposition pour l'opérateur établi d'après notre étude (5 V/m) est plus de 10 fois inférieur à la limite de 60 V/m et celui des mains de l'opérateur est également bien inférieur à cette limite.

On trouvera dans le Tableau A1 les données complètes des mesures effectuées. Lorsqu'il n'y a pas de valeur d'indiquée cela signifie que la lecture est inférieure au seuil de détection de 1 V/m.

Les émissions radioélectriques du terminal à écran cathodique dans la bande FEB (5-500 Hz) ont été analysées en examinant les spectres de fréquence et en mesurant l'intensité du champ magnétique pour chaque fréquence. Un analyseur de spectre de Hewlett-Packard doté d'une petite antenne fermée et calibrée a été utilisé. On trouvera dans le Tableau A2 les résultats pour trois terminaux à écran cathodique et dans le Tableau A3 les résultats pour certains autres appareils. Les émissions des terminaux ont la même fréquence que celles du courant de secteur soit 60 Hz et ses harmoniques. Les intensités sont très faibles et comparables aux niveaux ambiants ou aux intensités des émissions par d'autres appareils.

Selon les données scientifiques disponibles, il est très peu probable que les émissions de très basse fréquence des terminaux à écran cathodique aient des effets sur la santé humaine, étant donné que les intensités de champ magnétique sont extrêmement faibles soit bien en deçà des intensités pour lesquelles on a démontré l'existence d'effets de nature biologique.

Tableau A1 - Ondes radioélectriques émises par des TÉC

Fabricant	Modèle	Taux maximal d'exposition de l'opérateur (V/m)	Taux maximal au clavier (V/m)	Taux maximal d'un champ local (V/m)
Conrac	non précisé			31,2
Cybernex	CT824-D10024		2	5
	CT824-D10024-DR1			2,2
	CT824-D10624-DR1			5
	LGR-1		1,2	28
	LGR-1/KH8024			2
	LGR-1/KH8024			3
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024		4	100
	LGR-2			2
	LGR-2			8
	LGR-2		1,5	20
	LGR-2		1	15
	MDL-110			25
	XL-83		1,7	40
	XL-84		1	65
	XL-84		3	40
	non précisé		2	130
Data Media	1520			2,5
	1520			2,7
	1520			17
	1520			3
	1520			2,1
	3000			180
	3000			1,8
	3000			2
	3000			3
	3000	4		2,8
	Colorscan 10	2	3	> 300 *
Digital Decascope	VT50-AB			5
	VT50-AR	1,3	1,2	250
	VT55-FE			3,5
Electrohome	G12-002 (Prototype)			37,4
	Telco-RM-NK			63,3
	V23-007			67,8

* > 300 signifie plus de 300.

Hewlett-Packard	2640B	1,8	7	300
	2645A			12,7
	2645A			14,7
	2645A			12,7
	2645A			14,7
IBM	604			3,1
	3277			
	3277			
	3277			
	3277-02			
	3275-02	1,4	1	25
	3278	1,5		4
	3278-2			5
	3278-2			4
	3278-4			6
	3278-4		1	10
ITC Ikegami	PM-900 REV-E	1,4		300
Logicon	1020076-05-243		2	30
	1020076-05-266		2	86
Micom	M2002	1	2,5	270
	M2002	1,3	3	300
Ontel	OP1			11,1
Osborne	1			100
Perkin-Elmer	550			67
PSI	Bureaucrat	1,9		>310
	Bureaucrat	4,4	4,5	> 20
	Lobbyist	2,6	4,2	>368
Sony	CVM-115	2,3		>300
Sperry Univac	R2062	3,4		> 20
	R2950	3,5		>492,4
	3545-00	2,5		> 20
Sycor Inc.	1500-5	3,5		>374
	1500-5	2,7		> 20
Systematics General Corp.	T5177			
	T5177			
Tektronics	4010-1			
Telegram Communications Corp.	2277 MARK II			3,9

Teletype Corp.	40			
	40			
Televideo Inc.	950			300
Telex	278	1	1	260
	278		6	290
Volker Craig	VC303	2	4	130
	VC-414H			19
	VQ-414H		3	24
	VC-415-ARL		3	17
	VC-415-APL		3,5	23
	VC-415-APL	3	2	50
Wang	5536	2	7	>300
	5536		4,5	>300

Tableau A2 - Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; terminaux à écran cathodique

Description	Fréquence (Hz)							Total
	60	120	180	240	300	360	420	
Sony, modèle CUM-115								
distance devant 30 cm	0,085	0,042	0,027	0,02	0,016	0,013	0,01	0,213
l'écran 50 cm	0,05	0,025	0,017	0,013	0,01	0,009	0,007	0,131
appareil éteint	0,025	-	0,01	-	0,005	-	0,002	0,042
Hewlett-Packard, modèle 2640B								
distance devant 30 cm	0,046	0,012	0,016	0,007	0,007	0,004	0,005	0,097
l'écran 50 cm	0,046	0,008	0,016	0,003	0,007	0,002	0,002	0,084
appareil éteint	0,04	0,002	0,013	-	0,005	-	0,003	0,063
Perkin-Elmer, modèle 550								
distance devant 30 cm	0,07	0,04	0,047	0,02	0,016	0,013	0,011	0,217
l'écran 50 cm	0,043	0,016	0,013	0,008	0,008	0,005	0,004	0,097
appareil éteint	0,04	0,002	0,013	-	0,005	-	0,003	0,063
Perkin-Elmer, modèle 550								
à l'arrière bobine de déviation	1,55	0,775	0,517	0,388	0,31	0,258	0,221	4,019

Tableau A3 - Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; divers appareils

Description	Fréquence (Hz)								Total
	60	120	180	240	300	360	420	Autre	
Machine à écrire IBM, modèle 72									
clavier	0,047	0,007	0,016	0,003	0,009	0,001	0,004	0,04 (1)	0,127
arrière	0,775	0,078	0,258	0,023	0,155	0,006	0,035	0,31 (1)	1,64
Transformateur de calculatrice de poche, TI-55	0,271	0,135	0,052	0,039	0,031	0,026	0,004	-	0,558
Plinthe chauffante	3,875	0,008	0,013	-	0,039	0,003	0,028	-	3,965
Sèche-cheveux GE CD100A	0,078	0,035	0,021	0,007	0,011	0,002	0,002	0,08 (2)	0,236
Mixette GE-M7A	7,75	0,016	0,568	0,007	0,034	-	0,030	0,89 (3)	9,295
Bouilloire électrique	0,70	0,002	0,013	0,001	0,005	-	0,002	-	0,723

1. Inclue les fréquences 30, 90, 150, 210 Hz etc.
2. 110, 230, 340, 350 Hz
3. 30, 160, 280, 390 Hz

DONNÉES OBTENUES DES TESTS DE MESURE D'ÉMISSION DE RAYONS X PROVENANT DES TÉC ET DES MONITEURS VIDÉO

Résultats en milieu d'utilisation

Fabricant/distributeur	Modèle	Nombre testé	Émission maximale (mR/h)
- (radar d'aérogare)	AASR-1	1	ND*
AES Data	AES 100B-E	1	ND
AES Data	AES Plus	1	
AES Data	C-20	1	ND
Bell Northern	Prototype de terminal graphique	1	ND
Bendix	Analyseur de spectre multibande	1	ND
Burroughs	TD-800	5	ND
Chromatics	CG 1999	1	ND
Chromatics	DV 1000	1	ND
Chromatics	KV 1000	1	ND
Commodore	PET 2001	1	ND
Conrac	21359P-4	1	ND
Conrac	CVA-23	2	ND
Consolidated Computer	KEY EDIT 1000	6	ND
Cromemco	3102	1	ND
Control Data Canada	Vucom	1	ND
Cybernex	MDL 110	1	ND
Cybernex	LGR I	12	ND
Cybernex	LGR II	1	ND
Cybernex	LTL I	2	ND
C.G.E.	CGE6810	2	ND
Data Media	DT80/1	1	ND

* ND = non décelable

Datapoint	8200	2	ND*
Datapoint	6600	1	ND
Datapoint	1800	1	ND
Datapoint	3800	1	ND
Delta Data Systems	E0A10B101	2	ND
Delta Data Systems	P0A10M0-01	8	ND
Digital Equipment of Canada	VT100-AA	1	ND
Digital Equipment of Canada	VT52-AE	3	ND
Electrohome	CCTV	1	ND
Electrohome	V10-420	1	ND
Electrohome	V10-430	1	ND
Electrohome	V05-301	2	ND
Electrohome	V05-302	1	ND
Electrohome	S02202	3	ND
Electrohome	D02802	1	ND
Electrohome	2250 NTSC	1	ND
Electrohome	TELCO-KM-NK	1	ND
Electrohome	G12-002	1	ND
Electrohome	V23-007	1	ND
General Terminal	GTC 400	1	ND
Goodwood Data Systems	-	1	ND
Goodwood Data Systems	VDM-14	2	ND
Goodwood Data Systems	VDM-9	1	ND
Goodwood Data Systems	10862	1	ND
Goodwood Data Systems	10856	1	ND
Hazeltine	Modular One	1	ND
Heath (Zenith)	HE-Z89-48	1	ND
Heath (Zenith)	GR-4000	1	ND
Heath (Zenith)	D12	1	ND
Hewlett-Packard	HP2621P	1	ND
Hewlett-Packard	2645A	4	ND
Hewlett-Packard	9845C	1	ND
Hitachi	CUX-01	1	ND
IBM	3277	4	ND
IBM	2A Type 3279	1	ND
IBM	3B Type 3279	1	ND
IBM	50A	1	ND
IBM	3276-32	1	ND
Image Magnification	IMI-3000	1	ND
Image Magnification	MI-1	1	ND

---

* ND = non décelable

Intergraph	Intergraph 3	1	ND*
Intelligent Systems	Intecolor 8031	1	ND
Kratos	1930	1	ND
Lanpar	LS400	1	ND
Logicon	TPS600	2	ND
Micom	2000	2	ND
Micom	2001	1	ND
Mitsubishi Electric	RH-5B	2	ND
Motorola	-	3	ND
Motorola	XM-227-1X	1	ND
Motorola	XM-400-1Y	1	ND
Motorola	VP6-S1	1	ND
Motorola	VP4-S1	1	ND
Motorola	KT232-4	1	ND
Norango Computer Systems	-	1	ND
Ontel	OP-1R	1	ND
Panasonic	CT-110MC	1	ND
Projection Systems	CV3	2	ND
Raytheon	2652-500161	2	ND
Raytheon	RYC 7308-01	1	ND
Raytheon	Vucom 2	11	ND
Raytheon	401-2A	1	ND
Raytheon	402-2A	1	ND
Raytheon	-	10	ND
Radio Shack	TRS-80 Modèle 11	1	ND
Radio Shack	TRS-80 Modèle 111	1	ND
Radio Shack	TRS-80 Modèle 8201	1	ND
Radio Shack	TRS-80 Cat. No. 26-1062	1	ND
RCA	-	4	ND
RCA	2588	2	ND
Sanyo	DM5012CX	1	ND
Sanyo	VM4092U	1	ND
Sony	PVM-1211	1	ND
Sony	-	8	ND
Sony	KP7200	1	ND

* ND = non décelable

Spectral Data	700DRB	1	ND*
Sperry Rand/Univac	CADE 1900	6	ND
Sperry Rand/Univac	3534-00	3	ND
Sycor	1500-5	2	ND
TCTS	Vucom 1	3	ND
TCTS	Vucom 11	8	ND
TCTS	Vucom 111	1	ND
Tektronix	4010S	1	ND
Tektronix	4013S	1	ND
Tektronix	4013	1	ND
Tektronix	4014	1	ND
Tektronix	4016	1	ND
Tektronix	4027	1	ND
Tektronix	J1000	1	ND
Teleram Communications	2277 Mark 11	1	ND
Teletype	40	2	ND
Televideo	TVA-912	1	ND
Toshiba	-	1	ND
Westinghouse	1600-598-9005	1	ND
Xerox	850	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Dorval	-	7	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	S-70-2028-01	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	ARHL-1	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	-	2	ND

* ND = non décelable

TÉC SOUMIS À DES ESSAIS DANS L'ANTHROPORADIOMÈTRE

48 modèles - 51 appareils

Date	Numéro de série	Fabricant et modèle
07/07/81	-------	Hewlett-Packard HP 2621 A/P
01/12/81	80062865	Cybernex MDL-100
02/12/81	7901354	Cybernex LGR-1
02/12/81	7901353	Cybernex LGR-1
03/12/81	7612002	Cybernex LGR-1/KH8024
04/12/81	51020170	Televideo modèle 950
07/12/81	7801074	Cybernex Ltl-1 KC8024
09/12/81	701387	AES Data Ltd. Alphaplus 12
09/12/81	-------	*Sony Trintron KX 16HF-1
10/12/81	1061	Video Data Monitor VDM-14
14/12/81	-------	TSD Display Products N-DC-15
14/12/81	0003882	Radio Shack, micro-ordinateur TRS-80 modèle III
17/12/81	OIDS-DC Terminal	TES Data Screen Terminal: Série TEC 400 Data Screen Terminal
17/12/81	-------	Goodwood Data Systems Ltd. VDM-14 Motorola Terminal, modèle 1061
11/01/82	2443	A.B. Dick modèle 2205
25/01/82	090131	Sperry Univac UTS 20
01/02/82	1201818	Hazeltine Executive modèle 80
01/02/82	81065409	Cybernex XL87F
01/02/82	927013121	Xerox modèle X927
03/02/82	BLC-024-03677	Honeywell Ti BTRM 726A 001
10/02/82	AB 54318	Digital modèle VT100-AA (Zentronics)
17/02/82	30675	*IBM modèle 3B Type 3279
03/03/82	154274 Regent 30	ADDS-(CGE)- Applied Digital Data Sys.
03/03/82	9-504707	*Electrohome modèle 13" COL GAMS MT
04/03/82	51057639	Datamex Televideo TV1-950

* Moniteur couleur

08/03/82	44670C-8	Datamex Colorscan-10
09/03/82	VE100647	MAI-Basic Four - modèle 7270
11/03/82	5019/992-1100	Comterm - 5278
	-0005-1402	------
22/03/82	004810	Anderson & Jacobson AJ-510
22/03/82	2021 7239B	Micom 2001 M2001-VDU (Philips)
24/03/82	24018-218	Volker Craig - VC 4404
26/03/82	ZVM-121	Moniteur, Apple II Zenith Data Systems
	A2S2-241326	Écran, Apple II modèle nº A2S1048
29/03/82	18073-7	Multi Port II CMQ
01/04/82	WF43689	VT100-AA Digital Equipment
05/04/82	2004784	Esprit (Hazeltine) - Ahearn & Soper
06/04/82	004265100A	Visual 100A - Ahearn & Soper
07/04/82	200001	AM Varityper 5404
08/04/82	927-016523	Xerox modèle 820
08/04/82	1015	Comterm - 5279
14/04/82	9-504707	*Electrohome modèle 13" COL GAMS MT
26/04/82	15417	*Intecolor Intelligent Sys. Corp. Datamex
27/04/82	008204001H(T)	Dy4 VGT-100H - Dy4 Systems Inc.
28/04/82	180358	Lanparscope XT-80 - Lanpar
29/04/82	40396022	*Electrohome 38-G12003-60 haute résolution
03/05/82	7403	Decision Data Model 3751-11
04/05/82	A2225042	Lanparscope XT-100 - Lanpar
04/05/82	1928032	Lanparscope XT-51 - Lanpar
10/05/82	-------	TOPS - Bell Canada
11/05/82	LF 2382	Wang, machine de traitement de texte-nº 5503
17/05/82	1885	CCI Model 625L - Bell Canada
17/05/82	70011	IBM 4978-02 - Bell Canada
01/06/82	P-5838	Microdata - modèle 5420-00
02/06/82	D0524	Microdata - modèle 8001/00-0452-XXX

* Moniteur couleur

RÉFÉRENCES

1. "A report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals." C.E. Moss, W.E. Murray, W.H. Parr, J. Messite et G.J. Karches, National Institute of Occupational Safety and Health, rapport DHEW (NIOSH) nº 78-129, NIOSH, Cincinnati, 1977.
2. "Electromagnetic Radiation Emitted from Video Computer Terminals." M.M. Weiss et R.C. Petersen; American Industrial Hygiene Association Journal 40, 300-309, 1979.
3. "Electromagnetic Emission from Visual Display Units: A Non-hazard." M.L. Wolbarsht, F.A. O'Foghludha, D.H. Sliney, A.W. Guy, A.A. Smith, Jr. et G.A. Johnson dans "Occular Effects of Non-Ionizing Radiation," Proceedings, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, Volume 229, 1980.
4. "Health Hazards Associated with the Use of Visual Display Units". H. Vetter; rapport IAEA, 1979.
5. "Radiation Emissions from Visual Display Units". E.A. Cox dans "Health Hazards of VDUs?" 1, Communications présentées lors d'une conférence d'une journée, The HUSAT Research Group, Loughborough University of Technology, 11 décembre 1980; pp. 25-38, 1980.
6. "Electromagnetic Radiations Emitted by Visual Display Units". T. Terrana, F. Merluzzi et E. Giudici, dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, édité par E. Grandjean et E. Vigliani; Taylor and Francis Ltd., London, pp. 13-21, 1980.
7. "Potential Health Hazards of Video Display Terminals." W.E. Murray et coll., rapport de recherche NIOSH, publication DHHs (NIOSH) nº 81-129, 1981.
8. "An Evaluation of Radiation Emission from Video Display Terminals." Bureau of Radiological Health, publication HHS FDA 81 - 8153, 1981.
9. IAEA 1970, Directory of Whole Body Radioactivity Monitors, Section CA3, IAEA Vienne.
10. NCRP 1975, Natural Background Radiation in the U.S. p. 21, p. 73, rapport NCRP nº 45.

BIBLIOGRAPHIE

BRUTON, D.M. Medical aspects of cathode ray tube display systems. Trans. Soc. Occup. Rad. Vol. 22, pp.55-57, 1972.

BUSCH, G.K. Ergonomic problems with visual display units in the banking and insurance industries. Rapport pour F.I.E.T., U.S.A., 1976.

Characteristic Values for Adaptation of Work Stations with Fluorescent Screens to Humans. (Projet de norme DIN 66234) Berlin, R.F.A.: Comité allemand des normes industrielles, 1979.

CONDON, R. Do the eyes have it - or is it all just one big strain? Computing Europe, p. 12, août 1976.

DORAN, D. Environmental considerations for CRT display systems. Communication présentée au colloque de l'IATA juillet 1977.

GOULD, J.D. Visual factors in the design of computer-controlled CRT displays. Human Factors, Vol. 10, pp. 359-376, 1968.

GREEN, R. VDUs come under health scrutiny. Computing, décembre 1977.

GUNNARSSON, E. et OSTBERG, O. The physical and psychological working environment in a terminal-based computer storage and retrieval system. Stockholm, Suède: National Board of Occupational Safety and Health rapport 35, 1977.

GUNNARSSON, E. et SODERBERT, I. Eye-strain resulting from VDT work at the Swedish Telecommunications Administration. Stockholm, Suède: National Board of Occupational Safety and Health, 1980.

HAIDER, M., KUNDI, M. et WEISSENBOCK, M. Worker strain related to VDUs with differently colored characters. Dans E. Grandjean (éd.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. Londres, Angleterre: Taylor and Francis Ltd., pp. 53-64, 1980.

HART, David. The Human Aspects of Working with Visual Display Terminals. Rapport de recherche nº 76/02. Inca Fiej Research Association. The International Research Association for Newspaper Technology (février 1976).

HOLLAR, J., KUNDI, M., SCHMID, H., THALER, A., et WINTER, N. Stress and strain on the eyes produced by work with display screens: Report on a work-physiological study performed for the union of employees in the private sector. Association autrichienne des syndicats de métiers: (Vienne, Autriche), 1975.

HULTGREN, G.V. et KNAVE, B. Discomfort glare and disturbances from light reflections in an office landscape with CRT display terminals. Applied Ergonomics, Vol. 5, pp. 2-8, 1974.

HUNTING, W., LAUBLI, T., et GRANDJEAN, E. Constrained postures of VDU operators. Dans E. Grandjean (éd.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. Londres, Angleterre: Taylor and Francis Ltd., pp. 175-184, 1980.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINE CORP. Human Factors of Workstations with Display Terminals. White Plains, N.Y.: International Business Machines (IBM), 1979.

LAUBLI, T. HUNTING, W. et GRANDJEAN, E. Visual impairments related to environmental conditions in VDU operators. Dans E. Grandjean (éd.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. Londres, Angleterre: Taylor and Francis Ltd., pp. 85-94, 1980.

LUCKETT, L.W. et CASE, L.M. Radiation exposure from a cathode ray tube display device. Health Physics, Vol. 29, Part 6, p. 925, 1975.

OSTBERG, O. CRTs pose health problems for operators. Health and Safety, pp. 24-52, nov. 1975.

OSTBERG, O. et STONE, P.T. Methods for evaluating discomfort glare aspects of lighting. Psychological Reports, Goteborg, (Suède), Vol. 4, nº 4, 1974.

PETERSEN, R.C. et al. Non-ionizing electromagnetic radiation associated with video display terminals. Society of Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE). Vol. 229 Occular Effects of Non-Ionizing Radiation, p. 179, 1980.

SMITH, M.J., COLLIGAN, M.J. et HURRELL, J.J. A review of the psychological stress research carried-out by NIOSH, 1971 to 1976. Dans R. Schwartz (éd.) New Developments in Occupational Stress. Los Angeles, Californie. Institut de relations industrielles, université de la Californie, 1979.

SMITH, M.J., STAMMERJOHN, B., COHEN, B. et LALICH, N. Video Display operator stress. Dans E. Grandjean (éd.) Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. Londres, Angleterre: Taylor and Francis Ltd., pp. 201-210, 1980.

STEWART, T.F.M. Eyestrain and visual display units. A review. Display, 1979.

STEWART, T.F.M., OSTBERG, O. et MACKAY, C.J. Computer terminal Ergonomics, Statkontroet (Suède), DNR 170/72-75 2e édition, 1974.

TAYLOR, R.M. Human factors aspects of colour and monochrome coding in visual display units. Communication présentée au colloque de l'IATA , juillet 1977.

VET Advisory Group. Eye Tests and VDT Users: Rapport final du VET Advisory Group, Londres, Angleterre. VET Advisory Group, 1979.

WHYCER, B. A simple screening technique for visual assessment. Dans V.M. Reading (éd.) Visual Aspects and Ergonomics of Visual Display Units. Londres, Angleterre. Institut d'ophtalmologie, université de Londres, pp. 7-12, 1978.